ผลของความเข้มข้นของแอลจิเนตและผงเห็ดเยื่อไผ่ *Dictyophora indusiate* ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเม็ดบีดส์

Effect of the concentration of alginate and bamboo mushroom powder (*Dictyophora indusiate*) alginate concentration on the quality physicochemical properties and antioxidant activity of Beads

นรากร ศรีสุข[1] นภกานต์ หน่ายคอน[1] อภิรดี ศรีภิรมย์รักษ์[1] นิชานันท์ อุดมศักดิ์สกุล[1]
พันธ์ทิพย์ โอฬารรัตน์มณี[1] และศนิ จิระสถิตย์[2*]
Narakorn Srisuk[1], Naphakan Naikhon[1], Apiradi Sripiromrak[1], Nichanun Udomsaksakul[1],
Phanthip Olanratmanee[1] and Sini Jirasatid[2*]

บทคัดย่อ

การใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชันนำมาเอนแคปซูเลชันผงเห็ดเยื่อไผ่ *Dictyophora indusiate* เป็นเห็ดที่มีคุณประโยชน์สูงและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแปรรูปในอาหารได้ งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมดของผงเห็ดเยื่อไผ่ทั้ง 3 ส่วน คือส่วนหัว (Head) ลำต้น (Fruit body) และ หมวก (Cap) และศึกษาอัตราส่วนของแอลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 1 3 และ 5 (w/v) ต่อเห็ดเยื่อไผ่ผงทั้ง 3 ส่วน ต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและลักษณะเม็ดบีดส์ จากผลการทดลองพบว่าเม็ดบีดส์ที่เตรียมจากความเข้มข้นของแอลจิเนตร้อยละ 4 (w/v) และผงเห็ดเยื่อไผ่ส่วน Head ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 (w/v) เป็นสัดส่วนที่เหมะสมที่สุด เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ปริมาณกรดฟีนอลิกสูง สามารถขึ้นรูปเม็ดบีดส์ได้สม่ำเสมอและมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคสูงสุด ซึ่งสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยกระดับคุณภาพ และเพิ่มมูลค่าโภชนาการกับอาหารเชิงหน้าที่

คำสำคัญ: เห็ดเยื่อไผ่ เทคนิคเอนแคปซูเลชัน แอลจิเนต

Received: 4 October 2021; Accepted: 25 March 2022

[1] สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ จังหวัดฉะชิงเทรา 24000
[1] Division of Applied Biology, Faculty of Science and Technolog, Rajanagarindra Rajabhat University. Chachoengsao 24000
[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี 20131
[2] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University Chonburi 20131
* Corresponding author: sani@go.buu.ac.th

Abstract

In this research, encapsulation technique was used to encapsulate bamboo mushroom powder (*Dictyophora indusiate*), which is a highly beneficial mushroom and can be applied in food processing. The physicochemical properties, antioxidant activity and total phenolic content of three different parts of bamboo mushroom powder, namely Head, Fruit body and Cap, and the ratio of alginate at concentrations of 0, 1, 3 and 5 % (w/v) of bamboo mushroom powder were studied. All 3 parts of bamboo mushroom powder on sensory test results and beads characteristics. The experimental results, it was found that the beets prepared from 4% (w/v) alginate and head of bamboo mushroom powder body with concentration 3% (w/v) were proportional to the. most suitable due to its high antioxidant content high phenolic acid content. It is able to produce consistent beads and has the highest consumer acceptance. which can be used in the food industry enhance quality and add nutritional value to functional food.

Keywords: Bamboo mushroom, Encapsulation technique, Alginate

บทนำ

เห็ดเยื่อไผ่ หรือ เห็ดร่างแห (*Dictyophora indusiata*) ในประเทศไทยนิยมเรียกว่า เห็ด เยื่อไผ่ เป็นฟังไจ (fungi) ชนิดหนึ่ง เห็ดเยื่อไผ่มีชื่อสามัญในภาษาอังกฤษหลากหลายมาก ได้แก่ Bamboo mushroom, Bamboo fungus, Veiled lady, Long net stinkhorn (Liao *et al*., 2015) หรือ Basket stinkhorn ส่วนชื่อเรียก Veiled lady หรือ Long net stinkhorn หรือ Basket stinkhorn เนื่องจากส่วนของหมวกเห็ดมีรูปร่างเหมือนกระโปรงหรือตะกร้าหรือสุ่ม ที่สานกันเป็นร่างแห ชื่อเหล่านี้ตั้งตามลักษณะเด่นที่ของเห็ด เช่น Bamboo mushroom หรือ เห็ดเยื่อไผ่ เป็นเห็ดที่นิยมรับประทานมาเป็นเวลายาวนานโดยเฉพาะในประเทศจีน เห็ดชนิดนี้มีคุณประโยชน์สูงและมีสรรพคุณทางยา จัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ในประเทศไทยราคาเห็ดเยื่อไผ่มีราคาสูงมาก กิโลกรัมละ 1000-2000 บาท ซึ่งสามารถเป็นอาชีพเสริม สร้างรายได้ให้เกษตรกรได้ การเพาะเห็ดเยื่อไผ่ต้องเพาะบนเยื่อไม้ไผ่ โดยนำเอาไม้ไผ่มาทำให้เปื่อยยุ่ยแล้วนำมากองเพื่อใช้เพาะเห็ด หรือพบเห็ดชนิดนี้ในป่าไผ่ สำหรับประเทศจีนเป็นแหล่งกำเนิดในการเพาะเลี้ยงเห็ดเยื่อไผ่ มีชื่อเรียกหลากหลายเช่นกัน ได้แก่ เห็ดดางแห เห็ดวิญญาณถือร่ม เห็ดราชา เห็ดราชินี เห็ดราชาแห่งยา หรือเห็ดดอกไม้ "Stinkhorn" ที่ใช้ต่อชื่อข้างท้ายของเห็ดสายพันธุ์นี้ เป็นการบ่งชี้คุณลักษณะของเห็ดเหล่านี้ว่ามีกลิ่นฉุน ส่วนบนสุดของดอกทำหน้าที่ผลิตสปอร์ที่เปรียบได้กับเมล็ดพันธุ์ของเห็ด ส่วนบนสุดนอกจากจะผลิตสปอร์และมีกลิ่นรุนแรงออกมาเรียก จากเรื่องกลิ่นฉุนของเห็ดเยื่อไผ่จึงพัฒนาสูตรและความเข้มข้นที่มีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อเอาใช้ในอาหารและเป็นที่ยอมรับต่อผู้บริโภค

จากรายงานวิจัยได้กล่าวถึงประโยชน์ของเห็ดเยื่อไผ่ ที่อุดมไปด้วยสารที่มีคุณประโยชน์สูง อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compound) หลายชนิด เช่น Antioxidant, Phenolic acid, Hyaluronic acid, Collagen, Polysaccharide และ β-glucan สารเหล่านี้มีฤทธิ์ต่อต้านการอักเสบ ช่วยฟื้นฟูเซลล์ผิวที่เสื่อมสภาพ ลดริ้วรอย และเร่งผลิตเซลล์ผิวใหม่ ส่วนสาร Dictyophorines A and B เป็นสารที่ป้องกันโรคสมองเสื่อม (Alzheimer's disease) (Lee *et al*., 2002) และกระตุ้นการทำงานของสมอง (Liu *et al*., 2017) นอกจากนี้เห็ดเยื่อไผ่มีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 15-18 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 46 ไขมันร้อยละ 1 ใยอาหารประมาณร้อยละ 30 และมีกรดอะมิโนถึง

16 ชนิด อีกทั้งมีไรโบเฟลวินหรือวิตามิน B12 ในปริมาณสูง (Deng *et al*., 2016; Hua *et al*., 2012; Li *et al*., 2012) องค์ประกอบและสารสำคัญของเห็ดเยื่อไผ่ พบว่าเห็ดเยื่อไผ่มีโปรตีนสูงกว่าเห็ดชนิดอื่น จึงเหมาะกับการนำมาบริโภคเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนเนื้อสัตว์

ภาพที่ 1 เห็ดร่างแห (*Dictyophora indusiata*) 3 ส่วน Head (a) Cap (b) และ Fruit body (c)

เทคนิคการเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation) เป็นกระบวนการกักเก็บสารสำคัญหรือจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ไว้ในโครงสร้างของสารอีกชนิด ใช้ในการป้องกันการสลายตัวของสารเมื่อถูกความร้อน ความชื้น แสง ออกซิเจน ค่ากรด-ด่าง และการเปลี่ยนแปลงสารต่างๆในระหว่างการเก็บรักษา (Ashwar et al., 2018; Devi et al., 2017) กระบวนการนี้มักใช้กับสารที่มีคุณค่า ราคาแพงและสารที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา เช่น สารให้กลิ่นรส วิตามิน เอนไซม์ สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) เพื่อช่วยป้องกันสารเหล่านี้ไม่ให้ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาจากความร้อน แสง ออกซิเจน สามารถควบคุมการปลดปล่อยสารที่ถูกกักเก็บไว้ภายใน และปกป้องสารที่ถูกกักเก็บจากสภาวะแวดล้อม (Chávarri et al., 2010; Gandomi et al., 2016)

ผู้วิจัยมีความสนใจในการใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชันนำมาเอนแคปซูเลชันผงเห็ดเยื่อไผ่ โดยทำ การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดเยื่อไผ่ผงทั้ง 3 ส่วน คือ ส่วน Head Fruit body และ Cap ตอนที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนของแอลจิเนตที่ความเข้มข้นต่อผงเห็ดเยื่อไผ่ทั้ง 3 ส่วน (Head Fruit body และ Cap) และปริมาณของแอลจิเนตและผงเห็ดเยื่อไผ่ทั้ง 3 ส่วนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 1 3 และ 5 w/w ต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและลักษณะเม็ดบีดส์ ทั้งนี้ได้สามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเป็นสินค้าเกษตรและแปรรูปและยกระดับคุณภาพ เพิ่มมูลค่า โภชนาการกับอาหารเชิงหน้าที่

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเห็ดเยื่อไผ่ผงทั้ง 3 ส่วนคือส่วน Head Fruit body และ Cap
2. เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมของแอลจิเนต และเห็ดเยื่อไผ่ผงต่อคุณภาพ ทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์

วิธีการดำเนินการทดลอง

1. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผงเห็ดเยื่อไผ่

โดยนำเห็ดเยื่อไผ่ทั้ง 3 ส่วน Head Fruit body และ Cap นำมาหันชิ้นบาง ๆ อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ผงผงเห็ดเยื่อไผ่ด้วยตะแกรง 100 เมส นำผงเห็ดทั้ง 3 ส่วนมาหาคุณสมบัติทางการภาพ-เคมี ดังนี้

1.1 ความชื้น (AOAC, 2000)

อบถ้วยอลูมิเนียมในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ทำให้เย็นในdesiccator นำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมที่อบแห้ง และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน นำถ้วยอลูมิเนียมที่บรรจุตัวอย่างเข้าอบที่อุณหภูมิ 105 ถึง 107 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาทีนำเอามาใส่ในdesiccator ทิ้งไว้ให้เย็น ที่อุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนักอบซ้ำครั้งละ 30 นาทีจนได้น้ำหนักคงที่ซึ่งค่าที่ได้จะแตกต่างกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม จดน้ำหนักที่น้อยที่สุดของถ้วยอลูมิเนียมและน้ำหนักตัวอย่างหลังจากอบแห้งแล้ว คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามสมการที่ (1)

$$\text{ปริมาณความชื้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100 \qquad (1)$$

1.2 a_w (EZ-200, Japan) (AOAC, 2000)

1.3 ค่าสี (L* a* b*) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง pH meter (Lab 850, Schott, Germany)

ค่าสีระบบ CIE วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดสี (CR-400, Konika Minota, Japan) รายงานเป็นค่า L* (ความสว่าง), a* (-a* แสดงสีเขียว และ +a* แสดงสีแดง) และ b* (-b* แสดงสีน้ำเงิน และ +b* แสดงสีเหลือง)

1.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดย DPPH assay (Karagözler *et al.,* 2008)

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazylscavenging capacity (DPPH) นำตัวอย่างสกัดด้วยเมทานอล นำส่วนใสมาวิเคราะห์ เจือจางด้วยน้ำกลั่น นำตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เติม 0.10 มิลลิลิตร สารละลายมาตรฐาน DPPH ในขวดสีชาขนาดเล็กเขย่าให้สารละลายผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืด ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที สีจะอ่อนลง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร (A_{515}) ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระซึ่งรายงานผลเป็นร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ (% Radical Scarvenging) ตามสมการที่ (2)

$$\text{Radical Scarvenging (\%)} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม}}{\text{ค่าดูดกลืนแสง}} \times 100 \qquad (2)$$

1.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Karagözler *et al.,* 2008)

การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu นำตัวอย่างสกัดด้วยสารละลายเมทานอลเข้มข้น 98% นำไปปั่นเหวี่ยงและนำส่วนใสมาวิเคราะห์เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนที่ต้องการ ปริมาตร 0.30 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดสีชาขนาดเล็กเติมสารละลายFolin-Ciocalteu เข้มข้นร้อยละ 10 (v/v) ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3 เข้มข้น 7.5 (v/v) ปริมาตร 3.00 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 10 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายผสมกัน และตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที เมื่อเกิดปฏิกิริยาสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำเงิน จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร (A_{765}) ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์โดยทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด จากกราฟมาตรฐานปริมาณกรดแกลลิกในช่วง 50–200 ไมโครกรัม

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแอลจิเนตและเห็ดเยื่อไผ่ผงทั้ง 3 ส่วน ต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์

2.1 การเอนแคปซูเลชันด้วยวิธี Extrusion โดยใช้อัตราส่วนของแอลจิเนตที่ความเข้มข้น ร้อยละ 3 4 และ 5 w/v ต่อเห็ดเยื่อไผ่ผงทั้ง 3 ส่วน Head Fruit body

และ Cap ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 4 และ 5 w/v จากนั้นหยดสารลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.1 M แช่ทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นล้างเม็ดบีดส์ด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.8% w/v 2 ครั้ง จากนั้นนำเม็ดบีดส์นำมาทดสอบความชอบทางด้านประสาทสัมผัสเพื่อในไปผสมกับอาหารต่าง ๆ ต่อไป

2.2 การทดสอบความชอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scales ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ประเมินความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม (กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) การได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างได้จากการประชาสัมพันธ์นักศึกษาและบุคลากร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ เข้าร่วมการทดสอบความชอบทางด้านประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เม็ดบีดส์ตามความสมัครใจ โดยกำหนดคุณสมบัติของผู้ทดสอบ ได้แก่ ผู้ที่มีสุขภาพโดยรวมดี และไม่มีอาการแพ้เห็ด ประเมินความชอบด้าน ลักษณะที่ปรากฏ สี รสชาติ กลิ่น กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวมของเม็ดบีดส์สูตรต่าง ๆ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ได้จากการศึกษาโดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ

ผลการทดลอง

1. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผงเห็ดเยื่อไผ่

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และกรดฟีนอลิกของเห็ดเยื่อไผ่ผงทั้ง 3 ส่วน คือ ส่วนหัว (Head) ลำต้น (Fruit body) และหมวก (Cap) ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมดของผงเห็ดเยื่อไผ่ทั้ง 3 ส่วน

Characteristics	Fruit body	Head	Cap
DPPH antioxidant activity (%)	63.98±0.01^{a}	70.37±0.01^{a}	48.39±0.03^{b}
Total phenolic acid (mg GAE/g)	167.56±0.01^{b}	197.11±0.01^{a}	115.45±0.02^{c}
Color			
L*	67.54±0.05^{a}	45.87±0.03^{b}	20.03±0.05^{a}
a*	-3.04±0.07^{c}	-1.67±0.02^{b}	7.32±0.01^{a}
b*	9.73±0.08^{c}	25.67±0.01^{b}	37.01±0.01^{a}
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	5.45±0.01^{a}	5.21±0.10^{a}	4.27±0.05^{b}
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	0.20±0.01^{a}	0.25±0.01^{a}	0.21±0.01^{a}

a,b,c,... ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05)

ผลจากการศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพ ของผงเห็ดเยื่อไผ่ทั้ง 3 ส่วน คือ พบว่า Head Fruit body และ Cap ค่า DPPH antioxidant activity และ Total phenolic acid แตกต่างกัน โดยพบว่า ส่วน Head มีค่า DPPH antioxidant activity และ Total phenolic acid สูงที่สุดคือ 63.98±0.01 และ 167.56±0.01 ตามลำดับ โดยส่วน Fruit body และ Cap มีค่าลดลงตามลำดับ โดยส่วน Cap มีค่าน้อยที่สุดคือ 48.39 และ 115.45 ตามลำดับ ส่วนค่าสี L* a* b* ของ Fruit body จะมีสีเหลืองอ่อน ทำให้มีค่า L* a* b* เท่ากับ 67.54±0.05 -3.04±0.07 และ 9.73±0.08 ตามลำดับ ส่วน Cap จะมีสีดำมีผลทำให้ค่าสี L* a* b* เปลี่ยนแปลงมากขึ้น 20.03 -7.32 และ 37.01 ตามลำดับ โดยค่า L* มีค่าลดลง ส่วน ค่า a* และ b* จะเพิ่มมากขึ้น และส่วนปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ของผงเห็ดเยื่อไผ่อบแห้งมีค่าประมาณร้อยละ 5 และ 0.2 ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาอัตราส่วนของแอลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 4 และ 5 w/v ต่อผงเห็ดเยื่อไผ่ทั้ง 3 ส่วนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 1 3 และ 5 w/v ต่อผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและลักษณะเม็ดบีดส์

ผลการการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการเอนแคปซูเลชันเม็ดบีดส์ด้วยวิธี Extrusion โดยใช้อัตราส่วนของแอลจิเนตที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกันต่อผงเห็ดเยื่อไผ่ทั้ง 3 ส่วน ผลแสดงดังตารางที่ 2 3 และ 4

ตารางที่ 2 ผลทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์ที่แอลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 w/v ต่อผงเห็ดเยื่อไผ่ทั้ง 3 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 1 3 และ 5 w/v

Characteristics	Sensory attributes (scores)									
	AG	AEB0.8	AEB1	AEB3	AFB0.8	AFB1	AFB3	ACB0.8	ACB1	ACB3
Appearance	7.73±1.13^{a}	6.55±1.24^{ab}	4.50±1.17^{c}	4.43±1.76^{c}	6.60±1.40^{a}	7.13±0.57^{a}	6.86±1.19^{a}	5.26±1.33^{b}	5.70±1.02^{b}	4.40±0.85^{c}
Color	7.20±1.03^{a}	6.63±1.09^{a}	3.80±0.92^{d}	3.10±1.49^{d}	6.66±1.37^{a}	6.93±1.73^{a}	6.43±1.52^{a}	5.00±1.50^{b}	5.10±1.70^{b}	4.23±1.19^{c}
Taste	6.10±1.26^{b}	6.63±1.09^{b}	6.93±0.69^{a}	7.06±063^{a}	6.20±1.21^{b}	6.70±1.11^{a}	6.80±1.09^{a}	6.90±0.71^{a}	6.40±1.03^{b}	6.46±1.10^{b}
Odor	6.76±1.13^{b}	6.73±1.11^{b}	5.66±1.21^{c}	5.93±1.28^{c}	6.56±1.88^{b}	7.16±1.17^{a}	7.06±1.25^{a}	6.53±1.81^{b}	6.13±1.00^{b}	3.36±1.35^{d}
Flavor	6.10±1.09^{b}	6.63±1.09^{a}	6.40±1.03^{a}	6.50±0.93^{a}	6.43±1.52^{a}	6.66±1.06^{a}	6.56±1.27^{a}	5.96±1.73^{b}	6.46±1.13^{a}	6.16±1.23^{b}
Overall acceptability	6.93±0.52^{a}	6.93±0.82^{a}	5.63±0.61^{c}	5.10±0.59^{c}	6.43±1.43^{b}	7.20±0.76^{a}	6.73±1.20^{b}	5.80±1.21^{c}	6.46±0.77^{b}	5.50±0.68^{c}

a,b,c,... ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), AG: alginate bead bamboo mushroom powder, CB: cap of bamboo mushroom powder, AEB0.8: alginate bead containing 0.8%, EB: AEB1 alginate bead containing 1% EB, AEB3: alginate bead containing 3% EB, AFB0.8: alginate bead containing 0.8% FB, AFB1: alginate bead containing 1% FB, AFB3: alginate bead containing 3% FB, ACB0.8: alginate bead containing 0.8% CB, ACB1: alginate bead containing 1% CB, ACB3: alginate bead containing 3% CB.

ตารางที่ 3 ผลการการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์ที่แอลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 w/v ต่อผงเห็ดเยื่อไผ่ทั้ง 3 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 1 3 และ 5 w/v

Characteristics	Sensory attributes (scores)									
	AG	AEB0.8	AEB1	AEB3	AFB0.8	AFB1	AFB3	ACB0.8	ACB1	ACB3
Appearance	7.20±1.09^{a}	6.48±1.08^{b}	6.10±1.06^{b}	5.13±1.50^{c}	6.63±1.44^{a}	7.16±0.64^{a}	7.46±1.13^{a}	6.13±0.73^{b}	6.03±0.85^{b}	6.23±0.85^{b}
Color	7.23±0.97^{a}	6.66±1.09^{a}	3.76±0.89^{c}	3.03±1.47^{c}	6.70±1.41^{a}	6.96±1.47^{a}	6.46±1.50^{a}	5.03±1.47^{b}	5.13±1.71^{b}	4.26±1.20^{c}
Taste	6.13±1.22^{b}	6.56±1.04^{b}	6.86±0.68^{a}	7.06±0.63^{a}	6.23±1.22^{b}	6.73±1.14^{a}	6.83±1.11^{a}	6.93±0.74^{a}	6.43±1.00^{b}	6.50±1.07^{b}
Odor	6.73±1.08^{b}	6.73±1.11^{b}	5.63±1.21^{c}	5.93±1.28^{c}	6.60±1.90^{b}	7.20±1.18^{a}	7.10±1.21^{a}	6.56±1.83^{b}	6.16±0.98^{c}	6.40±1.32^{b}
Flavor	6.06±1.04	6.53±1.10^{a}	6.36±0.99^{ab}	6.50±0.93^{a}	6.46±1.54^{ab}	6.70±1.08^{a}	6.60±1.22^{a}	6.00±1.76^{b}	6.50±1.10^{a}	6.20±1.21^{b}
Overall acceptability	6.96±0.55^{a}	5.43±0.67^{b}	5.20±0.62^{b}	5.66±1.24^{b}	6.53±1.35^{a}	7.23±0.77^{a}	7.53±0.68^{a}	5.83±1.20^{b}	5.60±0.77^{b}	5.83±0.87^{b}

a,b,c,... ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), AG: alginate bead bamboo mushroom powder, CB: cap of bamboo mushroom powder, AEB0.8: alginate bead containing 0.8%, EB: AEB1 alginate bead containing 1% EB, AEB3: alginate bead containing 3% EB, AFB0.8: alginate bead containing 0.8% FB, AFB1: alginate bead containing 1% FB, AFB3: alginate bead containing 3% FB, ACB0.8: alginate bead containing 0.8% CB, ACB1: alginate bead containing 1% CB, ACB3: alginate bead containing 3% CB.

ตารางที่ 4 ผลการการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์ที่แอลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 w/v ต่อผงเห็ดเยื่อไผ่ทั้ง 3 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 1 3 และ 5 w/v

Characteristics	Sensory attributes (scores)									
	AG	AEB0.8	AEB1	AEB3	AFB0.8	AFB1	AFB3	ACB0.8	ACB1	ACB3
Appearance	6.43±0.93^{a}	5.89±0.48^{a}	4.00±0.69^{b}	3.26±1.36^{c}	4.56±0.89^{b}	4.36±2.26^{b}	3.63±1.29^{b}	5.26±1.33^{a}	4.63±1.80^{b}	2.63±1.27^{c}
Color	7.20±1.03^{a}	6.63±1.09^{a}	3.80±0.92^{c}	3.10±1.49^{c}	6.66±1.37^{a}	6.93±1.43^{a}	6.43±1.52^{a}	5.00±1.50^{b}	5.10±1.70^{b}	4.23±1.19^{bc}
Taste	6.10±1.26^{b}	6.63±1.09^{a}	6.93±0.69^{a}	7.06±0.63^{a}	6.20±1.21^{b}	6.70±1.11^{a}	6.80±1.09^{a}	6.90±0.71^{a}	6.40±1.03^{b}	6.46±1.10^{b}
Odor	6.76±1.13^{a}	6.73±1.11^{a}	5.66±1.21^{b}	5.93±1.28^{b}	6.56±1.88 ^{a}	7.16±1.17^{a}	7.06±1.25^{a}	6.53±1.81^{a}	6.13±1.00^{b}	6.36±1.35^{a}
Flavor	6.10±1.09^{b}	6.63±1.09^{a}	6.40±0.03^{a}	6.50±0.93^{a}	6.43±1.52^{a}	6.66±1.06^{a}	6.56±1.27^{a}	5.96±1.73^{b}	6.46±1.13^{a}	6.16±1.23^{b}
Overall acceptability	6.50±0.57^{a}	5.86±0.73^{a}	4.70±0.59^{b}	2.93±1.01^{c}	4.13±2.14^{b}	4.33±2.61^{b}	3.96±2.45^{b}	3.40±1.32^{c}	3.10±1.29^{c}	2.90±2.12^{c}

a,b,c,... ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), AG: alginate bead bamboo mushroom powder, CB: cap of bamboo mushroom powder, AEB0.8: alginate bead containing 0.8%, EB: AEB1 alginate bead containing 1% EB, AEB3: alginate bead containing 3% EB, AFB0.8: alginate bead containing 0.8% FB, AFB1: alginate bead containing 1% FB, AFB3: alginate bead containing 3% FB, ACB0.8: alginate bead containing 0.8% CB, ACB1: alginate bead containing 1% CB, ACB3: alginate bead containing 3% CB

จากการทดลองเพื่อเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายแอลจิเนตกับความเข้มข้นของผงเห็ดเยื่อไผ่ที่ความเข้มข้นต่างกันที่ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการขึ้นรูปของ เม็ดบีดส์ โดยกระบวนการเอนเคปซูเลชันที่เตรียมจากสารละลายแอลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 4 และ 5 (w/v) ผสมกับผงเห็ดไผ่ 3 ส่วน คือ Head Fruit body และ Cap ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.8 1 และ 3 (w/v) จากผลการทดลองพบว่า สูตรเม็ดบีดส์ที่เตรียมจากความเข้มข้นของแอลจิเนตร้อยละ 3 และ 4 (w/v) สามารถขึ้นรูปเม็ดบีดส์เป็นรูปทรงกลมและมีความสม่ำเสมอ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า เข้มข้นของแอลจิเนตร้อยละ 3 และ 4 (w/v) ได้คะแนนการยอมรับโดยรวมสูง ซึ่งแปรผันระหว่าง 5.20-7.53 คะแนน ทั้งนี้สูตรเม็ดบีดส์ที่เตรียมจากความเข้มข้นของแอลจิเนตร้อยละ 5 (w/v) มีรูปร่างไม่เป็นทรงกลม และไม่มีความสม่ำเสมอ เนื่องจากมีความหนืดที่สูงมากเกินไป และได้คะแนนการยอมรับโดยรวมต่ำมาก (2.90-5.86 คะแนน) ส่วนการเติมเห็ดผงส่วนของ Head และ Fruit body ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.8, 1 และ 3 (w/v) ได้รับการยอมรับของผู้บริโภคอยู่ที่ระดับคะแนน 6-7 คะแนน ส่วน Cap ของผงเห็ดเยื่อไผ่ เนื่องจากมีสีดำจึงทำให้เม็ดบีดส์มีสีน้ำตาลเข้ม ทำให้ค่าคะแนนสีมีค่าต่ำประมาณ 3 คะแนน จากการทดลองพบว่า ผงเห็ดเยื่อไผ่ทั้ง 3 ส่วน Head Fruit body และ Cap ที่มีกลิ่นฉุน ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 0.8 1 และ 3 (w/v) ไม่มีผลต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน รส กลิ่น และราชาติ โดยมีคะแนนทางประสาทสัมผัสอยู่ในช่วง 5-7 คะแนน ซึ่งแสดง กลิ่น รส เฉพาะตัวของผงเห็ดเยื่อไผ่ทั้ง 3 ส่วน ไม่มีผลต่อผู้ทดสอบ แต่ส่วน Cap มีผลต่อคะแนนค่าสี จากผลการทดลองพบว่าเม็ดบีดส์ที่เตรียมจากความเข้มข้นของแอลจิเนตร้อยละ 4 (w/v) และเห็ดเยื่อไผ่ผงส่วน Head ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 (w/v) เป็นสัดส่วนที่เหมะสมที่สุด เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ปริมาณกรดฟีนอลิกสูง และสามารถขึ้นรูปเม็ดบีดส์ได้สม่ำเสมอ และได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ซึ่งสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไปได้เป็นอย่างดี

สรุปผลการทดลอง

การใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชันนำมาเอนแคปซูเลชันผงเห็ดเยื่อไผ่ 3 ส่วน Head Fruit body และ Cap ต่ออัตราส่วนของแอลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 0.8, 1 และ 3 (w/v) โดยคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณฟีนอลิก และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเม็ดบีดส์ที่เตรียมจากความเข้มข้นของแอลจิเนตร้อยละ 4 (w/v) และผงเห็ดเยื่อไผ่ส่วน Head ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 (w/v) เป็นสัดส่วนที่เหมะสมที่สุด เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงและปริมาณฟีนอลิกสูงสุด สามารถขึ้นรูปเม็ดบีดส์ได้สม่ำเสมอ และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส มีคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคสูง ซึ่งสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยกระดับคุณภาพ เพิ่มมูลค่า โภชนาการกับอาหารเชิงหน้าที่ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2000. Official methods of analysis of the association of official analysis chemistry International 17th Edition. Arlington, Virginia: The Association of Official Analytical Chemists.

Ashwar, B.A., A. Gani, A. Gani, A. Shah, and F.A. Masoodi. 2018. Production of RS4 from rice starch and its utilization as an encapsulating agent for targeted delivery of probiotics. Food Chemistry. 239, 287–294.

Chávarri, M., I. Marañón, R. Ares, F.C. Ibáñez, F. Marzo, and M. del C. Villarán. 2010. Microencapsulation of a probiotic and prebiotic in alginate-chitosan capsules improves survival in simulated gastro-intestinal conditions. International Journal of Food Microbiology. 142(1–2), 185–189.

Deng, C., J. Shang, H. Fu, J. Chen, H. Liu, and J. Chen. 2016. Mechanism of the immunostimulatory activity by a polysaccharide from *Dictyophora indusiata*. International Journal of Biological Macromolecules. 91, 752–759.

Devi, N., M. Sarmah, B. Khatun, and T.K. Maji. 2017. Encapsulation of active ingredients in polysaccharide–protein complex coacervates. Advances in Colloid and Interface Science. 239, 136–145.

Gandomi, H., S. Abbaszadeh, A. Misaghi, S. Bokaie, and N. Noori. 2016. Effect of chitosan-alginate encapsulation with inulin on survival of Lactobacillus rhamnosus GG during apple juice storage and under simulated gastrointestinal conditions. LWT - Food Science and Technology. 69, 365–371.

Hua, Y., B. Yang, J. Tang, Z. Ma, Q. Gao, and M. Zhao. 2012. Structural analysis of water-soluble polysaccharides in the fruiting body of Dictyophora indusiata and their in vivo antioxidant activities. Carbohydrate Polymers. 87(1), 343–347.

Karagözler, A.A., B. Erdağ, Y.Ç. Emek, and D.A. Uygun. 2008. Antioxidant activity and proline content of leaf extracts from *Dorystoechas hastata*. Food Chemistry. 111(2), 400–407.

Lee, I., B. Yun, G. Han, D. Cho, Y. Kim, and I. Yoo. 2002. Dictyoquinazols A, B, and C, New Neuroprotective Compounds from the Mushroom *Dictyophora indusiata*. Journal of Natural Products. 65(12), 1769–1772.

Li, X., Z. Wang, L. Wang, E. Walid, and H. Zhang. 2012. In Vitro Antioxidant and Anti-Proliferation Activities of Polysaccharides from Various Extracts of Different Mushrooms. International Journal of Molecular Sciences. 13(5), 5801–5817.

Liao, W., Z. Luo, D. Liu, Z. Ning, J. Yang, and J. Ren. 2015. Structure characterization of a novel polysaccharide from Dictyophora indusiata and its macrophage immunomodulatory activities. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 63(2), 535–544.

Liu, X., Y. Chen, L. Wu, X. Wu, Y. Huang, and B. Liu. 2017. Optimization of polysaccharides extraction from *Dictyophora indusiata* and determination of its antioxidant activity. International Journal of Biological Macromolecules. 103, 175–181.