วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี | Agriculture and Technology Journal

ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2563 | Vol.1 No.3 September – December 2020

Received: September 15, 2020; Revised: November 29, 2020; Accepted: December 3, 2020

การผลิตเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน

Producing golden banana syrup beads by extrusion technique

จิรายุ มุสิกา[1*] ธนวรรณ อวยศักดิ์ไชยงค์[1] และพนารัตน์ สังข์อินทร์[1]

Jirayu Musika[1*], Thanawan Auisakchaiyoung[1] and Panarat Sungin[1]

[1] คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

[*]Corresponding Author E-mail Address: Jirayu.m@sskru.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาการผลิตเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน การดำเนินงานประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้ การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองสุกงอม โดยศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการเติมเอนไซม์อะไมเลสที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.10 และ 0.13 ตามลำดับ (ปริมาตร/น้ำหนัก) ร่วมกับเอนไซม์เพกทิเนสร้อยละ 0.06 (ปริมาตร/น้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยแช่ในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พบว่าปริมาณเอนไซม์อะไมเลสที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 0.13 (ปริมาตร/น้ำหนัก) จากนั้นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง โดยใช้สารละลายโซเดียมอัลจิเนต 3 ความเข้มข้นคือร้อยละ 0.7 1.0 และ 1.2 ตามลำดับ แช่ในสารสะลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.1 ระยะเวลา 10 นาที พบว่าเมื่อความเข้มข้นของอัลจิเนตเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าทางกายภาพ-เคมี ได้แก่ ขนาด น้ำหนัก ความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ในทางกลับกันปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้และปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรตลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อนำมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภค (n=50) ให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของเม็ดบีดส์อัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มากที่สุด เท่ากับ 7.33±0.89 คะแนน ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: เทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน กล้วยหอมทอง อะไมเลส เม็ดบีดส์ อัลจิเนต

Abstract

The objective of this study was to develop the golden banana syrup beads production by extrusion technique. The operation consists of 2 steps: The study of the optimum conditions for the production of ripe golden banana syrup was found that the appropriate amount of amylase enzyme was studied at the concentrations of 0.05, 0.10 and 0.13% respectively (vol./wt.). The result was found that the optimum amount

of amylase was 0.13% (vol./wt.) in combination with pectinase 0.06% (vol./wt.) at 50 °C for 2 hours, the enzyme reaction was stopped by soaking in 90 °C boiling water for 10 minutes. Optimal conditions of three sodium alginate concentrations for golden banana beads syrup production were 0.7, 1.0 and 1.2% respectively, in 0.1% calcium chloride for 10 minutes. The result found that the total dissolved solids and titration acid content was decreased ($p \leq 0.05$) when the sodium alginate concentrations were increased. While, the chemical and physical properties was increased ($p \leq 0.05$). The most acceptance value of the golden banana syrup beads at 1.0% alginate concentration was evaluated by consumers (n=50) was 7.33±0.89 points ($p \leq 0.05$).

Keywords: Extrusion technique, Golden banana, Amylase, Beads, Alginate

บทนำ

ปัจจุบันตลาดอาหารเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มเติบโตเพิ่มสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เนื่องจากผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น การบริโภคเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบันจากกระแสความใส่ใจสุขภาพของผู้บริโภคที่มีมากขึ้นดังกล่าว มูลค่าตลาดอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ในปี 2560 ที่ผ่านมา จึงพบว่ามีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่อง เฉลี่ยร้อยละ 3.5 ต่อปี มีมูลค่าราว 187,000 ล้านบาท ขณะที่ปี 2561 มีมูลค่า 191,893 ล้านบาท ขยายตัวราวร้อยละ 2.8 ประมาณการณ์ว่าใน ปี 2565 จะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นเป็น 213,099 ล้านบาท ขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 2.7 ต่อปี (โพสต์ทูเดย์, 2559) ถือเป็นกลุ่มสินค้าที่ขับเคลื่อนให้ตลาดอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพเติบโตต่อเนื่อง ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีแนวโน้มการเติบโตทางการตลาดและการบริโภคที่สูงขึ้นในอนาคต

กล้วยหอมทอง *Musa* (AAA group) Kluai Hom thong อยู่ในวงศ์ Musaceae จัดอยู่ในกลุ่ม AAA กล้วยหอมเป็นไม้ล้มลุกชนิดหนึ่ง มีอยู่หลากหลายสายพันธุ์ เช่น กล้วยหอมจันท์ กล้วยหอมทอง กล้วยหอมเขียว จัดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารครบถ้วนตามหลักทางโภชนาการ ประกอบไปด้วยวิตามิน ไฟเบอร์ ที่มีส่วนช่วยในเรื่องของการขับถ่าย มีสารแทนนิน ซึ่งมีส่วนช่วยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีชื่อว่า *Escherichia coli* ที่เชื่อว่าทำให้เกิดอาการท้องร่วงได้ เป็นต้น ซึ่งกล้วยหอมได้ถูกจัดว่าเป็นผลไม้ของเขตเมืองร้อน สามารถปลูกได้เกือบทุกประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนชื้นหลายแห่ง สำหรับประเทศไทยสามารถปลูกกล้วยหอมได้ทั่วทุกภาค ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่สำหรับปลูกกล้วยหอมอยู่ประมาณ 140,000 ไร่ (ผลการสำรวจปี พ.ศ. 2559) โดยพบว่าภาคที่มีการปลูกกล้วยหอมมากที่สุด ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออก (เครื่องมือเกษตร, 2559) คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอมทอง ปริมาณ 100 กรัม (ประมาณ 1 ลูกขนาดกลาง) ให้พลังงานทั้งหมด 132 กิโลแคลอรี มีน้ำอยู่ 66.3 กรัม โปรตีน 0.9 กรัม ไขมัน 0.2 กรัม คาร์โบไฮเดรต 31.7 กรัม ไฟเบอร์ 1.9 กรัม แคลเซียม 26 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 46 มิลลิกรัม เหล็ก 0.8 มิลลิกรัม เบต้า-แคโรทีน 99 ไมโครกรัม วิตามินเอ 17 ไมโครกรัม วิตามินบีหนึ่ง (ไทอะมีน) 0.04 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง (ไรโบฟลาวิน) 0.07 มิลลิกรัม ไนอะซีน 0.1 มิลลิกรัม และ วิตามินซี 27 มิลลิกรัม กล้วยหอมทองจึงมีประโยชน์และสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพ (กรมอนามัยกองโภชนาการ, 2553)

โซเดียมแอลจิเนตเป็นสารประกอบพอลิแซกคาไรด์ที่ได้จากธรรมชาติ โดยสกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล มีสมบัติเป็นประจุลบ ประกอบด้วย 1,4-linked-β-D-mannuronic (M) และ α-L-guluronic acid (G) ที่ต่อกันแบบ Homopolymeric blocks (G หรือ M-blocks) และ Heteropolymeric blocks (MG-blocks) Mohy et al. (2014) โดยหมู่ D G- blocks สามารถจับกับ ประจุบวกของสารชนิดอื่น โดยการแทนที่ไฮโดรเจนใน หมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) แล้วเกิดเป็น โครงสร้างตาข่ายที่เรียกว่า Egg box model ได้ เช่น Ca^{2+} Ba^{2+} และ Al^{3+} (Tsai et al., 2017; Sinha

et al., 2015) แอลจิเนตมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความปลอดภัยสูง ราคาไม่แพง สามารถเกิดเจลในสภาวะที่เหมาะสม และยังมีสมบัติเป็น Bio-compatibility จึงไม่ส่งผลเสียต่อร่างกาย (Pawar and Edgar, 2012)

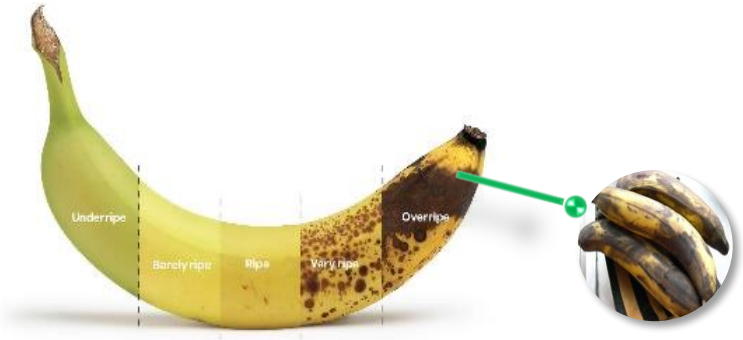
เม็ดบีดส์ไฮโดรเจล (Hydrogel bead) หรือ แอลจิเนตแคปซูล (Alginate capsule) คือ เม็ดบีดส์ที่ ได้จากการห่อหุ้มสาร โดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) เป็นองค์ประกอบหลัก มีการนำมาประยุกต์ใช้ ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม รูปแบบใหม่เพื่อนำส่งสารสำคัญทางอาหาร ช่วยรักษากลิ่นรสในอาหาร รวมทั้งควบคุมการปลดปล่อยสาระสำคัญต่าง ๆ (Hu et al., 2008) ซึ่งในกระบวนการผลิตเม็ดบีดส์ทำได้ 3 วิธีหลัก วิธีแรกเป็นการใช้ Extrusion ในการห่อหุ้มสารที่เป็นของเหลวภายใน โดยผสมกับโซเดียมแอลจิเนตแล้วหยดลงในสารละลายสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) (Phawaphuthanon et al., 2014) วิธีที่ 2 เรียกว่า Spherification เป็นการทำเม็ดบีดส์ แอลจิเนต อาศัยความแตกต่างระหว่างประจุของพอลิเมอร์ในการเคลือบสาร โดยหยดโซเดียมแอลจิเนตลงในสารละลายที่มีประจุบวก (Correia et al., 2013) ส่วนวิธีที่ 3 เรียกว่า Reverse spherification โดยใช้แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารประกอบอื่น ๆ หยดลงในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตเพื่อให้เกิดการห่อหุ้มสารภายใน ซึ่งอาจมีการนำเม็ดบีดส์ที่ได้แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์อีกครั้งเพื่อทำให้กระบวนการกักเก็บสารเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ (Blandino et al., 1999)

ปัจจุบันเกษตรกรนิยมเพาะปลูกกล้วยหอมมากขึ้น เนื่องจากเพาะปลูกง่ายให้ผลผลิตสูงผนวกกับนโยบายจากภาครัฐสนับสนุนจึงมีผลผลิตจำนวนมากออกมาจำหน่ายในท้องตลาดพร้อมกันส่งผลให้ราคาตกต่ำ รวมทั้งมีกล้วยที่สุกเกินระดับความต้องการของผู้บริโภคที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์เกิดเป็นของเสียและไม่เกิดมูลค่า จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกล้วยหอมทองที่สุกเกินระดับความต้องการของตลาดมาผ่านกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารพัฒนาเป็นเม็ดบีดส์จากน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจ สร้างอาชีพเสริมให้เกษตรกร รวมทั้งยกระดับมาตรฐานคุณภาพการผลิตพืชผลไม้ในท้องถิ่นสู่สากลต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การเตรียมน้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง

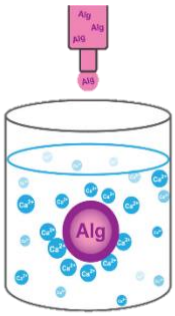
โดยนำกล้วยหอมทองระยะสุกงอม ทำความสะอาดโดยการล้างด้วยน้ำเปล่า ปอกเปลือก นำไปบดให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักกล้วยหอมบดมา 100 กรัม เติมเอนไซม์เพคติเนสร้อยละ 0.06 และ เอนไซม์อะไมเลส ร้อยละ 0.05 0.10 และ 0.13 ตามลำดับ บรรจุลงให้ถุงพลาสติก Polyethylene บ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 120 นาที หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยแช่ในน้ำเดือด อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที บรรจุขวดแก้วทันที เก็บรักษาที่ 5±2 องศาเซลเซียส วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)



รูปที่ 1 ระดับความสุกของกล้วยหอม
ที่มา: Finecooking (2018)

การเตรียมเม็ดบีดส์โดยวิธีเอ็กซ์ทรูชันเทคนิค

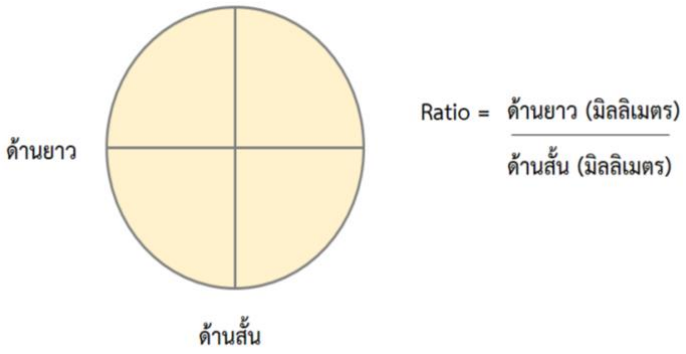
เตรียมน้ำเชื่อมน้ำกล้วยหอมทอง (จากขั้นตอนที่ 1) จากนั้นผสมเข้ากับสารละลายอัลจิเนตร้อยละ 0.7 1.0 และ 1.2 ตามลำดับ ในน้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง 100 มิลลิลิตร โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 - 70 องศาเซลเซียส แช่ในตู้เย็นอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเตรียมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ใช้ดรอปเปอร์ดูดน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ผสมเข้ากับสารละลายอัลจิเนตในแต่ละความเข้มข้น เพื่อให้เกิดเจลที่มีลักษณะเป็นทรงกลม เขย่าเบาๆ หลังจากนั้นนำเม็ดบีดส์ที่ได้ล้าง ด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง เก็บรักษาตัวอย่างในภาชนะบรรจุน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพ โดยนำตัวอย่างเม็ดบีดส์ทั้ง 3 ความเข้มข้นมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส



รูปที่ 2 การเตรียมเม็ดบีดส์การหยดลงในสารละลายแอลจิเนต และแช่แคลเซียมคลอไรด์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเม็ดบีดส์
ที่มา: Nerdygummy (2019)

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประเมินทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมน้ำกล้วยหอมทอง

วัดขนาด นำตัวอย่างเม็ดบีดส์แต่ละความเข้มข้นมา 10 เม็ด วัดขนาดของเม็ดบีดส์ทีละตัวอย่าง โดยใช้ Vernier caliper แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยด้านยาว ด้านสั้น และอัตราส่วนระหว่างด้านยาวและด้านสั้น (Ratio) เพื่อดูความกลมของเม็ดบีดส์ โดยค่าอัตราส่วนจะมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าเม็ดบีดส์มีความกลมมาก (พัชรี และสุธีรา, 2561)



รูปที่ 3 การวัดขนาดของตัวอย่างเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมน้ำกล้วยหอมทอง

ชั่งน้ำหนัก โดยนำตัวอย่างเม็ดบีดส์แต่ละความเข้มข้นมา 10 เม็ด ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง รุ่น OHAUS ผลิตโดยบริษัท ไทยท็อปโกลบอลจำกัด ประเทศไทย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย หาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและขนาดของเม็ดบีดส์ โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ค่าความเป็นกรด-ด่าง นำน้ำกลั่นที่ใช้แช่เม็ดบีดส์ตาละความเข้มข้นมา 30 มิลลิลิตร วัดความความเป็นกรด-ด่าง pH Meter รุ่น Ultra BASICผลิตโดยบริษัท เดอเวอร์ เอ็นเตอร์เทนเม้นท์จำกัด ประเทศไทย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ (AOAC, 2000)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ นำน้ำกลั่นที่ใช้แช่เม็ดบีดส์แต่ละความเข้มข้นมา 1 มิลลิลิตร วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Hand-Refractometer) รุ่น ATAGO ผลิตโดยบริษัท เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด ประเทศไทยโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ (AOAC, 2000)

ปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต(ร้อยละ) นำน้ำกลั่นที่ใช้แช่เม็ดบีดส์แต่ละความเข้มข้นมา 30 มิลลิลิตร ไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N นำมาคำนวณหาปริมาณกรด (ร้อยละ) อยู่ในรูปกรดแลคติกโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ (AOAC, 2000)

การประเมินทางประสาทสัมผัสเม็ดบีดส์ในแต่ละความเข้มข้น ใช้ผู้ทดสอบ (n=50) โดยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ทดสอบผลิตภัณฑ์เม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง ในคุณลักษณะทางด้านความชอบ ได้แก่ สี ลักษณะปรากฏ รสหวาน เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในขั้นตอนการเตรียมเม็ดบีดส์โดยวิธีเอ็กซ์ทรูชันเทคนิค และการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมน้ำกล้วยทอง วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยศึกษาอัลจิเนตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน โดยทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนในขั้นตอนการประเมินทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมน้ำกล้วยทอง วางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) โดยศึกษาความชอบของผู้ทดสอบต่อลักษณะด้านต่าง ๆ ของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง ใช้ผู้ทดสอบ (n=50) วิเคราะห์ความแปรปรวน โดย Analysis of variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (IBM SPSS Statistics version 21)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง โดยใช้เอนไซม์อะไมเลสที่ความเข้มข้น 3 ระดับ

ผลการทดลองค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง โดยใช้เอนไซม์อะไมเลสความเข้มข้น 3 ระดับคือ ร้อยละ 0.05 0.10 และ 0.13 ตามลำดับ พบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้อยู่ในช่วง 30.00 - 45.00 องศาบริกซ์ ตารางที่ 1 จากผลการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์อะไมเลสเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) เพิ่มขึ้น เมื่อใช้อุณหภูมิในการบ่มที่ 50 องศาเซลเซียส เนื่องจากเอนไซม์มีความเสถียรที่อุณหภูมิ 30 - 50 องศาเซลเซียส เมื่อใช้อุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส ทำให้เอนไซม์เสียสภาพอัตราเร็วของปฏิกิริยาจึงลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ชิดชัย และวิชัย, 2547) พบว่าการใช้เอนไซม์เพคติเนสร่วมกับเซลลูเลสในการย่อยกล้วยหอมทองอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง โดยใช้เอนไซม์อะไมเลสที่ความเข้มข้น 3 ระดับ

เอนไซม์อะไมเลส (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)
0.05	30.00 ± 0.01^{c}
0.10	35.00 ± 0.00^{b}
0.13	45.00 ± 0.01^{a}

หมายเหตุ: เฉลี่ย (n=3) ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจิเนต 3 ระดับ

ผลการทดลองค่าคุณภาพทางกายภาพของเม็ดบีดส์อัลจิเนตทั้ง 3 ความเข้มข้น คือ ร้อยละ 0.7 1.0 และ 1.2 พบว่าน้ำหนักและขนาดของเม็ดบีดส์อัลจิเนตทั้ง 3 ความเข้มข้น มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีค่าน้ำหนักอยู่ในช่วง 0.06 - 0.012 กรัม และค่าขนาดอยู่ในช่วง 0.45 - 0.63 มิลลิเมตร แสดงในตารางที่ 2

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจิเนต 3 ระดับ

ผลการทดลองค่าคุณภาพทางด้านเคมีของเม็ดบีดส์อัลจิเนตทั้ง 3 ความเข้มข้น คือ ร้อยละ 0.7 1.0 และ 1.2 พบว่ามีค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 4.49 - 4.58 ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ มีค่าอยู่ในช่วง 3.27 - 4.99 องศาบริกซ์ และค่าปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต ค่าอยู่ในช่วง 6.92 - 7.85 เปอร์เซ็นต์ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจิเนต 3 ระดับ

อัลจิเนต (ร้อยละ)	น้ำหนัก (กรัม)	ขนาด (มิลลิเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)	ปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต (ร้อยละ)
0.7	0.06±0.02^{c}	0.45±0.06^{c}	4.49±0.30^{b}	4.90±0.00^{a}	7.85±0.88^{a}
1.0	0.09±0.01^{b}	0.52±0.07^{b}	4.49±0.27^{b}	4.80±0.01^{b}	7.84±1.00^{a}
1.2	0.12±0.02^{a}	0.63±0.11^{a}	4.58±0.26^{a}	3.20±0.01^{c}	6.92±0.76^{b}

หมายเหตุ: เฉลี่ย (n=3) ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจิเนต 3 ระดับ

จากการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 50 คน อายุระหว่าง 15 - 65 ปี โดยเม็ดบีดส์อัลจิเนตทั้ง 3 ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 1.0 และ 1.2 พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้าน สี เนื้อสัมผัส ความนุ่ม และความชอบโดยรวมของเม็ดบีดส์อัลจิเนตแต่ละความเข้มข้นมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสีอยู่ในช่วง 5.87 - 6.63 คะแนน คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 5.73 - 7.13 คะแนน คุณลักษณะด้านความนุ่มอยู่ในช่วง 5.46 - 6.80 คะแนน และคุณลักษณะด้านความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 5.77 - 7.33 คะแนน แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจิเนต 3 ระดับ

อัลจิเนต (ร้อยละ)	สี	เนื้อสัมผัส	ความนุ่ม	ความชอบโดยรวม
0.7	5.87±1.31^{b}	6.03±1.38^{b}	6.47±1.33^{a}	6.13±1.22^{b}
1.0	6.63±0.96^{a}	7.13±0.73^{a}	6.80±1.27^{a}	7.33±0.99^{a}
1.2	6.16±1.08^{ab}	5.73±1.08^{b}	5.46±1.45^{b}	5.77±1.43^{b}

หมายเหตุ: เฉลี่ย (n=50) ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4 ลักษณะเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจิเนต 3 ระดับ เก็บรักษาระยะเวลา 5 วัน (ก) อัลจิเนตร้อยละ 0.7 (ข) อัลจิเนตร้อยละ 1.0 และ (ค) อัลจิเนตร้อยละ 1.2

การอภิปรายผล

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง โดยใช้เอนไซม์อะไมเลสที่ความเข้มข้น 3 ระดับ

จากผลการทดลองเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเอนไซม์อะไมเลสส่งผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) เพิ่มขึ้น อะไมเลสเป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่สามารถไฮโดรไลซ์พันธะในโมเลกุลของสตาร์ชให้มีขนาดของโมเลกุลเล็กลงทำให้ได้เป็นเดกซ์ทริน และน้ำตาล ไดแซ็กคาไรด์ เช่น มอลโทส มอโนแซ็กคาไรด์ เช่น กลูโคส (นิธิยา, 2553) ในการทดลองนี้ใช้เอนไซม์อะไมเลส ความเข้มข้นที่ร้อยละ 0.13 ร่วมกับเอนไซม์เพคติเนสร้อยละ 0.06 ได้ค่าสูงสุด เนื่องจากกล้วยเป็นผลไม้ที่มีเนื้อมากกว่าน้ำและมีปริมาณสารเพคตินอยู่สูง การใช้เอนไซม์เพคตินเนสจะช่วยย่อยสลายเพคตินในเนื้อกล้วยทำให้ความข้นหนืดลดลงขณะทำการสกัดทำให้ให้สกัดง่าย ซึ่งการใช้เอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส จะช่วยให้ประสิทธิภาพดีกว่าการใช้เอนไซม์ชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงลำพัง (ชิดชัย และวิชัย, 2547) จึงเลือกอัตราส่วนนี้ไปทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

คุณภาพทางกายภาพเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจิเนต 3 ระดับ

จากผลการทดลองค่าคุณภาพทางกายภาพของเม็ดบีดส์อัลจิเนตทั้ง 3 ความเข้มข้น พบว่าอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1.2 มีค่าน้ำหนักและขนาดสูงสุด เม็ดบีดส์ที่ได้มีลักษณะไม่เป็นทรงกลม ผิวภายนอกค่อนข้างหนา เนื่องจากความเข้มข้นของอัลจิเนตในระดับสูงจะทำให้สารละลายเคลื่อนที่มาที่ปลายหลอดหยดช้า การหยดของสารละลายอัลจิเนตไม่สามารถแยกตัวออกจากปลายหลอดหยดได้ในทันทีจนกว่าหยดของสารละลายเม็ดบีดส์มีน้ำหนักมากเพียงพอที่เอาชนะแรงตึงผิว (Chan et al., 2009) ทำให้เม็ดบีดส์มีขนาดใหญ่และเปลือกห่อหุ้มมีลักษณะหนาเกินไป รองลงมาเป็นอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีลักษณะเป็นทรงกลม ผิวภายนอกค่อนข้างเรียบไม่หดตัว มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.52 มิลลิเมตร ค่าอัตราส่วนด้านยาวและด้านสั้น (Ratio) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.98 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง กับงานวิจัยของ พัชรี และสุธีรา (2561) ที่รายงานว่า อัตราส่วนระหว่างด้านยาวและด้านสั้น (Ratio) ที่เหมาะสมจะมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าเม็ดบีดส์มีความกลมมาก และยังได้รับคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด (ตารางที่ 3) ส่วนอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.7 มีลักษณะไม่เป็นทรงกลม ผิวด้านนอกไม่เป็นรูปร่าง ไม่เรียบและไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากความเข้มข้นของอัลจิเนตในระดับต่ำจึงทำให้เปลือกห่อหุ้มมีลักษณะบางเกินไป แสดงในตารางที่ 2

คุณภาพทางเคมีเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจิเนต 3 ระดับ

จากผลการทดลองค่าคุณภาพทางด้านเคมีของเม็ดบีดส์อัลจิเนตทั้ง 3 ความเข้มข้น พบว่าอัลจิเนตที่ความเข้มข้น ร้อยละ 1.2 มีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) สูงสุด เนื่องจากเม็ดบีดส์มีลักษณะผิวภายนอกค่อนข้างแข็ง จึงทำให้การแพร่กระจายของไฮโดรเจนไอออนน้อยที่สุด ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด - ด่าง สูงกว่าอัลจิเนตความเข้มข้นอื่น ๆ และยังพบว่าอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.7 มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้และค่าปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรตสูงสุด เนื่องจากเม็ดบีดส์มีลักษณะผิวด้านนอกค่อนข้างอ่อนจึงทำให้การแพร่กระจายของไฮโดรเจนไอออนออกมามาก ผลส่งให้ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้และค่าปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรตมีค่าสูงความเข้มข้นอื่น แสดงในตารางที่ 2

การประเมินทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจิเนต 3 ระดับ

ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของเม็ดบีดส์อัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มากที่สุดแตกต่างจากความเข้มข้นอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นคุณลักษณะด้านสีได้คะแนนความชอบไม่แตกต่าง จากเม็ดบีดส์อัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1.2 ส่วนคุณลักษณะด้านความนุ่ม ได้คะแนนความชอบไม่แตกต่างจากเม็ดบีดส์อัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.7 แสดงในตารางที่ 3

บทสรุป

จากการศึกษาการผลิตเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน จากการผลิตน้ำเชื่อมโดยใช้เอนไซม์อะไมเลส 3 ระดับพบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.13 ร่วมกับเอนไซม์เพคติเนสร้อยละ 0.06 ได้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) สูงสุด จากสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 3 ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 1.0 และ 1.2 พบว่าเม็ดบีทอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1.0 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เม็ดบีดส์มีลักษณะเป็นทรงกลม ผิวภายนอกค่อนข้างเรียบไม่หดตัว และได้รับคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุด ทั้งนี้อาจต้องศึกษาปัจจัยอื่นเพิ่มเติมเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณลักษณะของเม็ดบีดส์ให้ดีขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่สนับสนุนสถานที่และเครื่องมือในการวิจัย และงบประมาณสนับสนุนการนำเสนองานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัยกองโภชนาการ. (2553). ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. โรงพิมพ์ทหารผ่านศึก: กรุงเทพฯ.

เครื่องมือเกษตร. (2559). เยือนแหล่งปลูกกล้วยหอมทองแหล่งใหญ่. ค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2561. http://www.vigotech.in.th/index.php?lay=show&ac=article&Id=539810567&Ntype=8.

ชิดชัย ปัญญาสวรรค์ และวิชัย หฤทัยธนาสันติ์. (2547). การพัฒนาไซรัปเข้มข้นจากกล้วยหอมทองโดยใช้เอนไซม์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2553). เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ.

พัชรี คำประเวช และสุธีรา วัฒนกุล. (2561). การผลิตเม็ดบีดส์น้ำเสาวรสดวยเทคนิคริเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 26(8): 1381-1393.

โพสต์ทูเดย์. (2559). โอกาสของอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ. ค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2561. https://www.posttoday.com/finance-stock/columnist/427460.

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of AOAC. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists.

Blandino A., Macías M. and Cantero D. (1999). Formation of calcium alginate gel capsules: Influence of sodium alginate and $CaCl_2$ concentration on gelation kinetics. Journal of Bioscience and Bioengineering. 88(2): 686-689.

Chan G., Barnes-Holmes D., Barnes-Holmes Y. and Stewart I. (2009). Implicit attitudes to work and leisure among north american and irish individuals: a preliminary study. Psychology and Psychological Science. 9(2): 317-334.

Correia C.R., Sher P., Reis R.L. and Mano J.F. (2013). Liquified chitosan-alginate multilayer capsules incorporating poly (lactic acid) microparticles as cell carriers. Soft Matter. 9(1): 2125 - 2130.

Finecooking. (2018). How to choose the right banana for any recipe. Accessed 25 March 2018. https://www.finecooking.com/article/choose-right-banana-recipe.

Hu S.H., Tsai C.H., Liao C.F., Liu D.M. and Chen S.Y. (2008). Controlled rupture of magnetic polyelectrolyte microcapsules for drug delivery. Langmuir. 24(3): 11811-11818.

Mohy M.S., Kamoun E.A., Sofan M.A. and Elbayomi S.M. (2014). L-arginine grafted alginate hydrogel beads: a novel pH-sensitive system for specific protein delivery. Arabian Journal of Chemistry. 8(1): 355-365.

Nerdygummy. (2019). Molecular gastronomy. Accessed 25 March 2018. https://www.nerdygummy.com/.

Pawar S.N. and Edgar K.J. (2012). Alginate derivatization: A review of chemistry properties and applications. Journal of Biomaterials Applications. 33(2): 3279-3305.

Phawaphuthanon N., Behnam S., Koo S.Y., Pan C.H. and Chung D. (2014). Characterization of core-shell calciumalginate macrocapsules fabricated by electro-coextrusion. International Journal of Biological Macromolecules. 65(3): 267-274.

Sinha P., Ubaidulla U., Hasnain M.S., Nayak A.K. and Rama B. (2015). Alginateokra gum blend beads of diclofenac sodium from aqueous template using ZnSO4 as a cross-linker. International Journal of Biological Macromolecules**.** 79(3): 555-563.

Tsai F.H., Chiang P.Y., Kitamura Y., Kokawa M. and Islam M.Z. (2017). Producing liquid-core hydrogel beads by reverse spherification effect of secondary gelation on physical properties and release characteristics. Journal Food Hydrocolloid. 62(1): 140-148.