สมบัติทางกายภาพและเคมีของเม็ดบีดส์ขมิ้นชันผสมน้ำสมุนไพรด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน

Physical and Chemical Properties of Turmeric Herbal Drink Beads Produced by Reverse Spherification

ฉัตรยา งามเลิศ[1] เจนจิรา พกาวัลย์[2] กัมปนาท แก้วใหญ่[3] ณัฐณิชา พรหมยศ[4]
สุพรรณิการ์ โกสุม[5] นันทวัน ชมโฉม[6] สาวินี เพียรชำนาญ[7] และนันทพร อัคนิจ[8*]
Chattraya Ngamlerst[1] Janejira Phakawan[2] Kamparnart Kaewyai[3] Natnicha Promyos[4]
Supunnika Kosum[5] Nantawan Chomshome[6] Sawinee Peanchamnan[7]
and Nuntaporn Aukkanit[8*]

Received 27 เมษายน 2568 **Revised** 10 มิถุนายน 2568 **Accepted** 25 กรกฎาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดบีดส์ขมิ้นชันผสมน้ำสมุนไพรด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของเม็ดบีดส์ที่มีความเข้มข้นของขมิ้นชันที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0 5 10 และ 15 ของน้ำหนักส่วนผสมเม็ดบีดส์ทั้งหมด เมื่อแช่เม็ดบีดส์ใน calcium lactate ที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 2 ระดับ (1 กรัม/น้ำ 100 กรัม และ 1.2 กรัม/น้ำ 100 กรัม) นาน 10 นาที และ 15 นาที พบว่า การแช่เม็ดบีดส์ใน calcium lactate ที่ความเข้มข้น 1.2 กรัม/น้ำ100 กรัม เป็นระยะเวลา 15 นาที ส่งผลให้เม็ดบีดส์มีค่าความแข็งสูงที่สุด (0.808±0.052 N)

[1] อาจารย์ ดร., คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[1] Lecturer Dr., Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2] Assistant Professor Dr., Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi
[3] นักวิทยาศาสตร์, คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล
[3] Scientist, Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University
[4] นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ, คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล
[4] Senior professional scientist, Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University
[5] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[5] Assistant Professor, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
[6] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[6] Assistant Professor Dr., Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
[7] นักวิทยาศาสตร์, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[7] Scientist, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
[8] อาจารย์ ดร., คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
[8] Lecturer Dr., Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University
* ผู้ประสานงานนิพนธ์ e-mail: nuntaporn.au@ssru.ac.th

และเม็ดบีดส์มีความสามารถในการบวมน้ำต่ำที่สุดแสดงให้เห็นถึงความแข็งแรงและความหนาของผนังเม็ดบีดส์ โดยที่เม็ดบีดส์ทุกสูตรมีอัตราส่วนด้านยาวด้านสั้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน (1.19-1.25) เมื่อวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ ABTS พบว่าการเพิ่มปริมาณขมิ้นชันทำให้เม็ดบีดส์มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่าขมิ้นชันมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่อาจเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค ดังนั้นเม็ดบีดส์ขมิ้นชันนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มกลุ่มอาหารฟังก์ชั่นได้

คำสำคัญ : เม็ดบีดส์, ขมิ้นชัน, รีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน, อาหารโมเลกุล

Abstract

This study aimed to investigate the optimal conditions for producing turmeric-herbal drink beads using reverse spherification and to examine the physical properties and antioxidant activity of beads containing different concentrations of turmeric juice at four levels (0%, 5%, 10%, and 15%). Soaking was performed in calcium lactate at two different concentrations (1 g/100 g and 1.2 g/100 g) for 10 and 15 min. Results showed that soaking in 1.2 g/100 g of calcium lactate solution for 15 min yielded the highest bead hardness (0.808±0.052 N) with the lowest swelling capacity, suggesting greater bead strength and thicker bead walls. The aspect ratio (long axis: short axis) of the beads was similar among all treatments, which ranged from 1.19 to 1.25. When the herbal beads with varying turmeric concentrations were analyzed for antioxidant activity using the FRAP and ABTS assays, it was found that increasing turmeric content significantly enhanced the antioxidant activity of the beads ($p<0.05$). This study demonstrates that turmeric juice may offer potential health benefits to consumers. Therefore, these turmeric beads can be applied in the functional food and beverage industry.

Keywords: Bead, Turmeric, Reverse Spherification, Molecular food

1. บทนำ

เอ็นแคปซูเลชัน (Encapsulation) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการกักเก็บสารสำคัญให้อยู่ในรูปของแคปซูลเพื่อป้องกันการเสื่อมสลายของสารระหว่างการแปรรูป ขนส่ง และเก็บรักษา ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มมีการใช้เทคโนโลยีนี้และนำเสนอในรูปแบบของอาหารโมเลกุล หรือ molecular gastronomy ซึ่งจัดเป็นอาหารแนวใหม่ สารที่ใช้ในการเคลือบหรือห่อหุ้มสารสำคัญที่นิยมใช้ได้แก่ แอลจิเนต และ แซนแทนกัม เมื่อห่อหุ้มสารสำคัญโดยใช้หลักการความแตกต่างประจุของพอลิเมอร์สานร่างแหกันด้วยการ cross-link แล้วจะได้เม็ดบีดส์ไฮโดรเจล ซึ่งเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน เป็นวิธีการที่นำสารสำคัญที่ต้องการเก็บใน

เม็ดบีดส์มาผสมกับสารประกอบแคลเซียมไอออนที่มีประจุบวกก่อนหยดลงในสารละลายโซเดียมแอลจิเนต ซึ่งจะแตกต่างกับเทคนิคสเฟียริฟิเคชันปกติที่ผสมแอลจิเนตในสารสำคัญก่อนหยดลงสารประกอบแคลเซียม (Bevan, P. et al., 2024, Bortolini, D. G. et al., 2024; พัชรี คำประเวช และสุธีรา วัฒนกุล, 2561)

ขมิ้นชัน (Tumeric: *Curcuma longa* L.) เป็นสมุนไพรที่มีสรรพคุณทางยาที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย มีฤทธิ์ในการลดการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ และเพิ่มภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย สารสำคัญที่อยู่ในขมิ้นชันได้แก่ สารเคอร์คิวมินอยด์ (Curcuminoids) เคอร์คูมิน (curcumin) และน้ำมันหอมระเหย เช่น α-turmerone เป็นต้น ในปัจจุบันขมิ้นชันถูกบรรจุอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ ใช้สำหรับบรรเทาอาการแน่น จุกเสียด ท้องเฟ้อ เหง้าขมิ้นชันสดมีสีเหลือง มีรสขม ฝาด เผื่อน เผ็ดเล็กน้อย และมีกลิ่นเฉพาะตัว นิยมนำมาใช้ดับกลิ่นคาวในการประกอบอาหารไทยหรือใช้เป็นสารให้สีในพริกแกง ไม่นิยมรับประทานผลสด (ธงชัย ไทรน้อย และคณะ, 2563) เสาวรส (Passion fruit) เป็นผลไม้ที่มีวิตามินเอ เบต้าแคโรทีน โพแทสเซียม และใยอาหารสูง อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เนื้อสีเหลืองสด มีกลิ่นหอม รสชาติเปรี้ยวมากจึงนิยมนำไปผสมกับน้ำผลไม้อื่น ๆ เพื่อให้รับประทานได้ง่าย (Zibadi, S. et al., 2008) ฟักข้าว (Gac fruit) เมื่อสุกจะมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงที่ฉ่ำน้ำ มีรสหวาน อุดมไปด้วย ไลโคปีน เบต้าแคโรทีน และอัลฟาโทโคฟีรอล ซึ่งเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีและเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย (พัชริน ส่งศร, 2555) ทั้งเสาวรส ฟักข้าว และขมิ้นชันต่างมีสีส้มเหลืองตามธรรมชาติเสริมกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีสันที่สวยงามโดยที่ไม่ต้องใช้วัตถุเจือปนอาหารสังเคราะห์

สมุนไพรไทยเป็นพืชที่มีคุณประโยชน์มากมาย มีฤทธิ์เป็นยา ป้องกันและรักษาโรค แต่สมุนไพรส่วนใหญ่มีรสฝาด มีกลิ่นเฉพาะตัว และรับประทานยาก นอกจากนี้ความคงตัวของสารสำคัญที่อยู่ในสมุนไพร เช่น เคอร์คูมิน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ในระหว่างการแปรรูป ได้แก่ ค่า pH และอุณหภูมิ ซึ่งทำให้การนำไปใช้เป็นสารเติมแต่งอาหารยังคงมีข้อจำกัด (Chuacharoen, T. & Sabliov, C. M., 2019). ในปัจจุบันจึงได้มีการใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารมาใช้เป็นหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาเม็ดบีดส์ขมิ้นชันที่กักเก็บสารสำคัญ กลิ่นเฉพาะตัว และรสฝาดไว้ภายใน ทำให้ผู้บริโภคได้รับคุณประโยชน์ได้มากที่สุดโดยที่มิได้เปลี่ยนแปลงรสชาติความอร่อยของอาหาร

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดบีดส์สมุนไพรด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน

2.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเม็ดบีดส์ขมิ้นชัน

2.3 ศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของเม็ดบีดส์ที่มีความเข้มข้นของขมิ้นชันที่แตกต่างกัน

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การเตรียมน้ำขมิ้นชัน

น้ำขมิ้นชันเตรียมได้จากการนำเหง้าขมิ้นชันล้างให้สะอาดด้วยน้ำเปล่า หั่นให้มีขนาด 3 เซนติเมตร นำขมิ้นชันไปปั่นละเอียด (เครื่องปั่นรุ่น HBH650-CE, Hamilton Beach, ประเทศสหรัฐอเมริกา) กับน้ำสะอาดด้วยอัตราส่วน 1:1 จากนั้นกรองน้ำขมิ้นชันด้วยผ้าขาวบาง เก็บใส่ถุง HDPE รักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้สำหรับเตรียมน้ำสมุนไพร

3.2 การเตรียมน้ำเสาวรส

น้ำเสาวรสเตรียมได้จากการนำผลเสาวรสมาหั่นครึ่งคว้านเอาเนื้อและเมล็ดออกมา จากนั้นกรองด้วยกระชอนตาถี่เพื่อแยกเมล็ดออกเก็บใส่ถุง HDPE รักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อใช้สำหรับเตรียมน้ำสมุนไพร

3.3 การเตรียมฟักข้าว

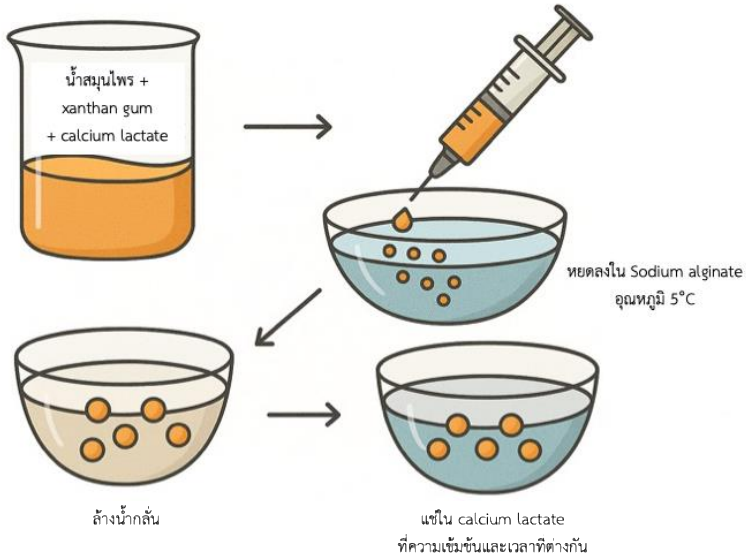
ฟักข้าวเตรียมได้จากการนำผลฟักข้าวมาผ่าครึ่งจากนั้นใช้ช้อนตักเยื่อหุ้มเมล็ดมาใส่ในกระชอน ครูดเมล็ดฟักข้าวผ่านกระชอน นำส่วนที่เป็นเมล็ดทิ้ง เก็บส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อใช้สำหรับเตรียมน้ำสมุนไพร

3.4 การเตรียมน้ำสมุนไพร

นำน้ำเสาวรส (30%) น้ำขมิ้นชัน (6%) และน้ำฟักข้าว (4%) มาผสมกับน้ำเปล่า (57.4%) น้ำตาลทราย (2.5%) เกลือ (0.05%) และหญ้าหวาน (0.05%) นำไปผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที แล้วบรรจุขณะร้อน (Hot fill) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ในขวด PET ที่สะอาดจะได้น้ำสมุนไพรพื้นฐาน

3.5 การเตรียมเม็ดบีดส์ขมิ้นชันด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน

เตรียมน้ำสมุนไพรพักไว้เพื่อนำไปทำเม็ดบีดส์ เตรียม Sodium alginate ความเข้มข้น 0.5 กรัม/น้ำ 100 กรัม นำไปแช่เย็น อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น ผสม Xanthan gum กับน้ำที่ความเข้มข้น 0.6 กรัม/น้ำ 100 กรัม แล้วนำไปให้ความร้อนที่ 65-70 องศาเซลเซียส เติมน้ำสมุนไพรผสมให้เข้ากันแล้วเติม Calcium lactate ความเข้มข้น 2 กรัม/100กรัม ของสารละลายทั้งหมด นำไปแช่เย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนหยดลงใน Sodium alginate โดยใช้ Syringe ขนาด 20 ml คนเบาๆ เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง แล้วนำเม็ดบีดส์ที่ได้ไปแช่ใน Calcium lactate ที่ความเข้มข้นต่างกัน 2 ระดับ ได้แก่ 1 กรัม/น้ำ 100 กรัม และ 1.2 กรัม/น้ำ 100 กรัม เป็นเวลา 10 นาที และ 15 นาที (พัชรี คำประเวช และสุธีรา วัฒนกุล, 2561) ขั้นตอนการทำเม็ดบีดส์น้ำสมุนไพรแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำเม็ดบีดส์น้ำสมุนไพร

3.6 การวัดค่า pH และ total soluble solid

นำน้ำสมุนไพรที่ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร มาวัดค่า pH ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง pH meter (รุ่น Seven2Go S7-Field kit, Mettler Toledo, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) และนำน้ำสมุนไพรที่ได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร มาวัดค่า total soluble solid ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง digital brix refractometer (รุ่น MA871 Milwaukee Instruments, Inc., ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.7 การวัดค่าความแข็ง

นำเม็ดบีดส์แต่ละตัวอย่าง (เม็ด) มาวัดค่าความแข็งด้วยเครื่อง Texture analyzer (รุ่น TA plus, Lloyd Instrument, ประเทศอังกฤษ) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้ Load cell ขนาด 50 N test speed 0.5 mm/s กดลงไป 60 % ของความสูงเริ่มต้น trigger 0.05 gf ทำซ้ำจำนวน 10 ซ้ำ

3.8 การวัดขนาด

นำเม็ดบีดส์แต่ละตัวอย่างมาวัดขนาดด้านที่มีความยาวที่สุดและด้านที่สั้นที่สุด โดยใช้เครื่อง Micrometer (ยี่ห้อ Mitutoyo, ประเทศญี่ปุ่น) บันทึกค่าในหน่วยมิลลิเมตร นำมาหาค่าอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้น

3.9 การวัดความสามารถในการบวมน้ำ

วัดความสามารถในการบวมน้ำของเม็ดบีดส์ ตามวิธีของ Tsai, F.-H. et al. (2017) โดยนำเม็ดบีดส์ มาซับน้ำส่วนเกินที่ผิวออกด้วยกระดาษทิชชู ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น (W_0) จากนั้นนำเม็ดบีดส์ไปแช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 60

90 120 และ 150 นาที ชั่งน้ำหนักที่เวลาต่าง ๆ (W_t) คำนวณความสามารถในการบวมน้ำโดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\text{Swell Capacity (\%)} = (W_t - W_0)/W_t \times 100$$

3.10 การวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

3.10.1 วิธี FRAP (ดัดแปลงจากวิธีของ Patthamakanokporn, O. et al., (2008)

นำตัวอย่างมาทำปฏิกิริยากับ FRAP reagent โดยที่อัตราส่วนของ FRAP reagent ที่ใช้ทำปฏิกิริยาประกอบไปด้วย acetate buffer (pH 3.6), TPTZ solution และ $FeCl_3.6H_2O$ (10:1:1) นำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส และ ใช้ Trolox เป็นสารละลายมาตรฐาน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร รายงานผลในหน่วย mg TE/100 mL

3.10.2 วิธี ABTS (ดัดแปลงจากวิธีของ Fan, Z. et al., 2019)

นำตัวอย่างมาทำปฏิกิริยากับ 2,2′-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid ใช้ Trolox เป็นสารละลายมาตรฐาน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร รายงานผลในหน่วย mg TE/100 mL

3.11 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการคำนวณค่าทางกายภาพและเคมีของเม็ดบีดส์แสดงค่าในรูปของค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละตัวอย่างด้วยวิธี Duncan กำหนดค่าความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS สำหรับ Window version 23

4. ผลการวิจัย

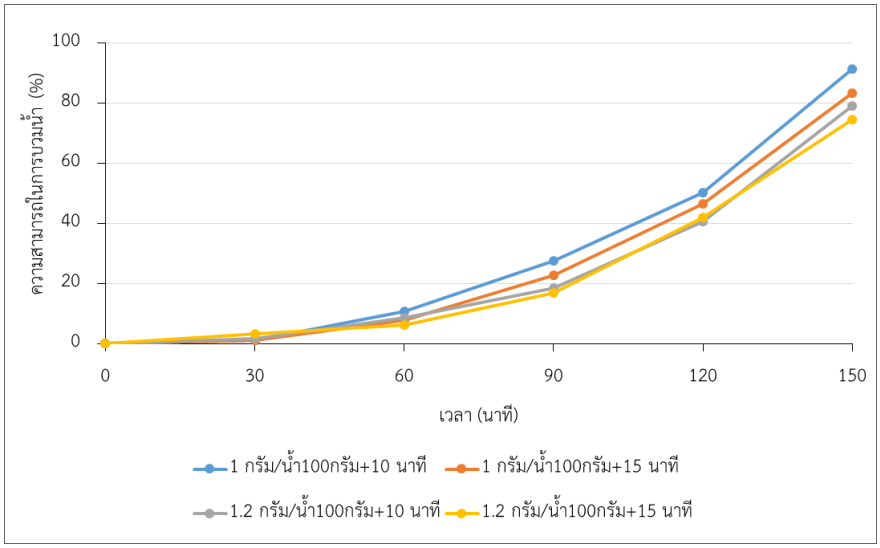
4.1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดบีดส์สมุนไพรด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน และสมบัติทางเคมีของเม็ดบีดส์

เม็ดบีดส์น้ำสมุนไพรมีลักษณะทรงกลม สีส้มเหลือง มีค่า pH 3.15±0.1 มีค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 9.3±0.3 °Brix เมื่อนำเม็ดบีดส์น้ำสมุนไพรที่เตรียมได้มาแช่ใน calcium lactate ที่ความเข้มข้นต่างกัน 2 ระดับได้แก่ 1 กรัม/น้ำ 100 กรัม และ 1.2 กรัม/น้ำ 100 กรัม ในระยะเวลาที่ต่างกัน 2 ระดับ คือ 10 และ 15 นาที พบว่า เม็ดบีดส์น้ำสมุนไพรที่ผลิตโดยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชันมีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นไม่แตกต่างกันโดยที่อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นของเม็ดบีดส์ อยู่ระหว่าง 1.19-1.25 เมื่อนำเม็ดบีดส์ไปวัดค่าความแข็งด้วยเครื่อง texture analyzer พบว่า เม็ดบีดส์ที่มีค่าความแข็งมากที่สุดคือ เม็ดบีดส์ที่แช่ calcium lactate ที่ความเข้มข้น 1.2 กรัม/น้ำ 100 กรัม เป็นระยะเวลา 15 นาที จะมีค่าความแข็ง 0.808±0.052 N สูงกว่าตัวอย่างอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้น และค่าความแข็งของเม็ดบีดส์

ตัวอย่าง	อัตราส่วนด้านยาว : ด้านสั้น	ค่าความแข็ง (N)
Calcium lactate 1กรัม/น้ำ 100 กรัม +10 นาที	$1.25^{ns}\pm0.06$	$0.432^{c\pm}0.01$
Calcium lactate 1กรัม/น้ำ 100 กรัม +15 นาที	$1.23^{ns}\pm0.08$	$0.561^{b}\pm0.19$
Calcium lactate 1.2กรัม/น้ำ 100 กรัม +10 นาที	$1.19^{ns}\pm0.06$	$0.429^{c}\pm0.01$
Calcium lactate 1.2กรัม/น้ำ 100 กรัม +15 นาที	$1.23^{ns\pm}0.03$	$0.808^{a}\pm0.05$

หมายเหตุ : $^{a, b, c}$ ตัวอักษรแนวตั้งที่แตกต่างกันหมายถึงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%
^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 2 ความสามารถในการบวมน้ำของเม็ดบีดส์ที่ผ่านการแช่ Calcium lactate ที่ความเข้มข้นต่างกัน และใช้ระยะเวลาในการแช่แตกต่างกัน

จากภาพที่ 2 แสดงความสามารถในการบวมน้ำของเม็ดบีดส์ที่ผ่านการแช่ Calcium lactate ที่ความเข้มข้นต่างกัน และใช้ระยะเวลาในการแช่แตกต่างกัน เมื่อนำเม็ดบีดส์ทั้ง 4 ตัวอย่างมาวัดความสามารถในการบวมน้ำพบว่า เม็ดบีดส์ที่แช่ Calcium lactate ที่ความเข้มข้น 1 กรัม/น้ำ 100 กรัม เป็นเวลา 10 นาที มีความสามารถในการบวมน้ำน้ำเฉลี่ยที่ 150 นาทีมากที่สุดคือ 91.30±1.25 % รองลงมาคือ เม็ดบีดส์ที่แช่ Calcium lactate ที่ความเข้มข้น 1 กรัม/น้ำ 100 กรัม เป็นเวลา 15 นาที และ ความเข้มข้น 1.2 กรัม/น้ำ 100 กรัม เป็นเวลา 10 นาที จะมีความสามารถในการบวมน้ำเฉลี่ยที่ 150 นาที 83.35±3.17% และ 78.94±2.41%

ตามลำดับ ส่วนเม็ดบีดส์ที่มีความสามารถในการบวมน้ำต่ำที่สุดคือเม็ดบีดส์ที่แช่ Calcium lactate ที่ความเข้มข้น 1.2 กรัม/น้ำ 100 กรัม เป็นเวลา 15 นาที จะมีความสามารถในการบวมน้ำเฉลี่ยที่ 150 นาที 74.62±4.83% จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของ Calcium lactate มากขึ้น และใช้ระยะเวลาในการแช่เม็ดบีดส์มากขึ้นจะทำให้ความสามารถในการบวมน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

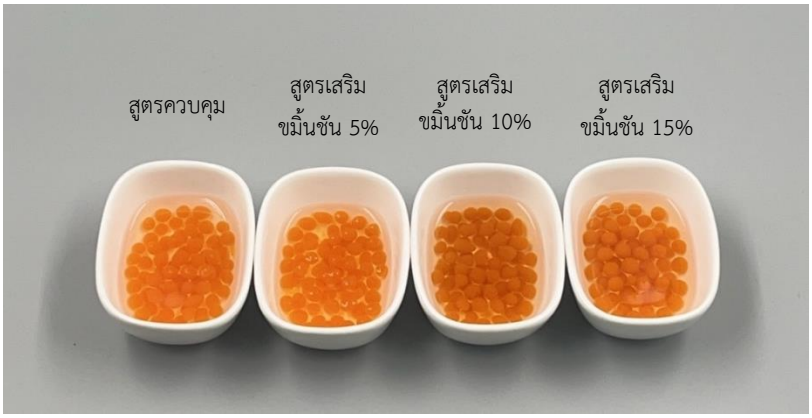
4.2 ผลการศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของเม็ดบีดส์ที่มีความเข้มข้นของขมิ้นชันที่แตกต่างกัน

เม็ดบีดส์สมุนไพรเสริมขมิ้นชัน 0-15% ของน้ำหนักน้ำสมุนไพรทั้งหมด (ภาพที่ 3) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี FRAP อยู่ระหว่าง 12.02-13.34 mg TE/100 ml และวัดด้วยวิธี ABTS มีค่าอยู่ระหว่าง 7.54-9.07 mg TE/100 ml (ตารางที่ 2) โดยที่ทั้ง 2 วิธีให้ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือเม็ดบีดส์สมุนไพรเสริมขมิ้นชันมากขึ้นจะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ขมิ้นชันเป็นสมุนไพรที่มี สี และกลิ่นรสที่ร้อนแรง มีรสปร่าที่เป็นเอกลักษณ์ของสมุนไพรที่มีลักษณะเป็นเหง้าจึงทำให้รับประทานยาก การกักเก็บสารในรูปแบบของเม็ดบีดส์จึงทำให้รับประทานง่ายยิ่งขึ้น ทำให้ร่างกายได้รับคุณประโยชน์มากมาย ได้แก่ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี มีฤทธิ์ในการต้านโรคกลุ่มไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดหัวใจ และกลุ่มโรคเมตาบอลิก เป็นต้น โดยสารสำคัญที่อยู่ในขมิ้นชันและออกฤทธิ์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่ายกายคือสาร Curcuminoids (El-Saadony, M. T. et al., 2023) นอกจากนี้ยังมีสารพฤกษเคมีที่สำคัญอื่น ๆ ที่อาจเป็นประโยชน์ต่อร่างกายอีก เช่น สารกลุ่มฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ต่าง ๆ ที่พบมากในพืชสมุนไพรที่มีสีสัน หรือ รสชาติเฉพาะตัว ในขมิ้นชันพบเบต้าแคโรทีนปริมาณมาก จากรายงานของ Moulick, S. P. et al. (2023) พบว่า ขมิ้นชัน มีเบต้าแคโรทีนมากกว่าแคร์รอต และมีสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์มากกว่าแคร์รอตถึง 10 เท่า

ตารางที่ 2 ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของเม็ดบีดส์สมุนไพรเสริมขมิ้นชัน 4 ระดับ ด้วยวิธี FRAP และ ABTS

ตัวอย่าง	FRAP (mg TE/100 ml)	ABTS (mg TE/100 ml)
เม็ดบีดส์สูตรควบคุม	12.02^{c}±0.04	$7.54^{c\pm}$0.19
เม็ดบีดส์สูตรเสริมขมิ้นชัน 5%	12.88^{b}±0.26	8.58^{b}±0.18
เม็ดบีดส์สูตรเสริมขมิ้นชัน 10%	12.90^{b}±0.16	8.88^{a}±0.07
เม็ดบีดส์สูตรเสริมขมิ้นชัน 15%	$13.34^{a\pm}$0.15	9.07^{a}±0.08

หมายเหตุ : $^{a, b, c}$ ตัวอักษรแนวตั้งที่แตกต่างกันหมายถึงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 3 เม็ดบีดส์สมุนไพรเสริมขมิ้นชัน 0-15%

5. อภิปรายผล

Calcium lactate ให้แคลเซียมไอออนทำหน้าที่เสริมสร้างความแข็งแรงให้กับโครงสร้างของเม็ดบีดส์โดยประสานร่างแห (Cross-link) กับ alginate เกิดเป็นเจล calcium alginate ที่มีลักษณะเป็น Egg box model (Lee, P. & Rogers, M. A., 2012) ห่อหุ้มกักเก็บสารสำคัญไว้ภายใน งานวิจัยของ Patomchaiviwat, V. et al. (2022) พบว่า เมื่อใช้ Calcium salt ที่ความเข้มข้นมากขึ้น (0.5-1.5%) จะทำให้เม็ดบีดส์มีค่าความแข็งมากขึ้น งานวิจัยของ พัชรี คำประเวช และสุธีรา วัฒนกุล (2561) แสดงให้เห็นว่า การใช้เวลาในการแช่เม็ดบีดส์ใน Calcium lactate นานขึ้นก็ส่งผลให้เม็ดบีดส์มีค่าความแข็งมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นทั้งปัจจัยความเข้มข้นของ Calcium lactate และ ระยะเวลาในการแช่เม็ดบีดส์ต่างส่งผลต่อค่าความแข็งของเม็ดบีดส์ทั้งสิ้น นอกจากนี้ การเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนในระบบทำให้โครงสร้างของเม็ดบีดส์แน่นขึ้นเนื่องจากแคลเซียมเข้าไปอยู่ในโครงสร้างของเจลมากยิ่งขึ้นส่งผลให้เม็ดบีดส์มีขนาดที่เล็กลง และโครงสร้างที่แน่นและแข็งแรงมากขึ้นนี้ส่งผลให้มีการซึมผ่านน้ำที่น้อยลงทำให้เม็ดบีดส์มีความสามารถในการบวมน้ำที่ลดลง (Bennacef, C. et al., 2023) การที่เม็ดบีดส์มีค่าความแข็งที่มากขึ้นส่งผลให้รักษารูปร่างระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหารและการนำเม็ดบีดส์ไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มได้ดีขึ้น นอกจากนี้ค่าความแข็งของเม็ดบีดส์ที่มากขึ้นยังส่งผลให้คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเปลี่ยนไป เม็ดบีดส์ที่มีค่าความแข็งมากจะมีความคงตัวในปากขณะรับประทานมากกว่า ผู้บริโภคต้องใช้แรงในการเคี้ยวมากขึ้น ดังนั้นค่าความแข็งของเม็ดบีดส์ที่เหมาะสมอาจแตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มอาจต้องการเม็ดบีดส์ที่แข็งกว่าการนำเม็ดบีดส์ไปใส่ในเครื่องดื่ม

องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติอนุญาตให้ใช้ขมิ้นชันเป็นสารที่ให้สีเหลืองทองได้อย่างปลอดภัย เนื่องจากเป็นสารที่มาจากธรรมชาติ มีสารสำคัญที่พบมากที่สุด คือ Curcuminoids คำแนะนำในการรับประทานขมิ้นชันในรูปแบบของ Curcumin powder คือ 0-3 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (El-Saadony, M. T. et al., 2023) Singh, K. et al. (2022) ได้รายงานไว้ว่าขมิ้นชันผงมีสาร curcuminoids 50.43 mg/g DW และมีฤทธิ์ใน

การต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี FRAP สูงถึง 25.34 mg Fe (II)/g DW ขมิ้นชันมักถูกใช้เป็นเครื่องเทศในการปรุงประกอบอาหาร และในปัจจุบันเริ่มมีการนำขมิ้นชันมาเป็นสารให้สีในเครื่องดื่ม นอกจากให้สีสันที่สวยงามที่คงทนต่อความร้อนแล้วก็ยังให้คุณประโยชน์มากมายอีกด้วย แม้ว่าในงานวิจัยนี้จะแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณขมิ้นชันขึ้นตั้งแต่ 5-15% จะทำให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น แต่ค่า FRAP และ ABTS ไม่ได้สูงขึ้นมากเป็น 2 หรือ 3 เท่านั้น อาจเป็นเพราะ ค่าความสามารถในการละลายของสารสำคัญที่อยู่ในขมิ้นชันนั้นต่ำจึงทำให้เมื่อตรวจวัดค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ ABTS มีขีดจำกัด แต่การสกัดน้ำขมิ้นชันด้วยน้ำเพื่อการผลิตน้ำสมุนไพรเป็นวิธีการที่ง่าย ปลอดภัยต่อผู้บริโภค และนิยมทำในระดับครัวเรือน

6. องค์ความรู้ใหม่

การผลิตเม็ดบีดส์ขมิ้นชันเป็นการพัฒนาวิธีการรับประทานสมุนไพรในรูปแบบของอาหารโมเลกุล เป็นการเพิ่มประสบการณ์การรับประทานอาหารแนวใหม่และเพิ่มแรงจูงใจในการอยากลองรับประทานสมุนไพรไทยที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย การเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดขมิ้นชันส่งผลให้ผู้บริโภคได้รับสารสำคัญที่มากขึ้นซึ่งมีฤทธิ์ในการป้องกันโรคกลุ่มไม่ติดต่อเรื้อรังได้โดยที่ผู้บริโภคไม่รู้สึกถึงรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงสภาวะที่ใช้ในการผลิตที่ส่งผลให้สมบัติทางกายภาพของเม็ดบีดส์ดีขึ้น และยังรายงานประโยชน์ของขมิ้นชันในรูปแบบของฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าเม็ดบีดส์สมุนไพรเสริมขมิ้นชันสามารถนำไปเป็นตัวเลือกในองค์ประกอบของอาหารและเครื่องดื่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. สรุป

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลาย calcium lactate และระยะเวลาในการแช่เม็ดบีดส์ ส่งผลต่อค่าความแข็งของเม็ดบีดส์อย่างมีนัยสำคัญ การผลิตเม็ดบีดส์สมุนไพรด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียโดยการแช่ในสารละลาย calcium lactate ความเข้มข้น 1.2 กรัม/น้ำ 100 กรัม เป็นระยะเวลา 15 นาที ทำให้เม็ดบีดส์มีความแข็งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการบวมน้ำลดลง เนื่องจากความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนทำให้โครงสร้างของเจลที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรง จึงทำให้การซึมผ่านน้ำที่น้อยลง เมื่อเสริมน้ำขมิ้นชันมากขึ้นส่งผลให้เม็ดบีดส์มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น โดยเม็ดบีดส์สมุนไพรเสริมขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 15% ของน้ำหนักน้ำสมุนไพรทั้งหมด มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี FRAP และวัดด้วยวิธี ABTS มีค่าสูงที่สุด เม็ดบีดส์สมุนไพรสามารถกักเก็บสารสำคัญไว้ภายในและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาอาหารชนิดใหม่ได้ เช่น การนำเม็ดบีดส์ไปใส่ในเยลลี่พร้อมดื่ม หรือเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ในการเตรียมเม็ดบีดส์จะต้องใช้สารละลายที่แช่เย็นเพื่อจะได้เม็ดบีดส์ที่มีทรงกลมสวย

8.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

8.2.1 ควรนำเม็ดบีดส์ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในอาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและได้รับประโยชน์ที่ดีต่อร่างกาย

8.2.2 ควรทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

8.2.3 ควรวิเคราะห์สารสำคัญในเม็ดบีดส์

9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุน ววน.) : งบประมาณด้าน ววน. ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2568 และคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

10. เอกสารอ้างอิง

ธงชัย ไทรน้อย, สุนิตรา คามีศักดิ์ และอรรถพล รุกขพันธ์. (2563). เอกสารทางวิชาการขมิ้นชัน *Curcuma longa* L. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

พัชริน ส่งศร. (2555). ฟักข้าว พืชพื้นบ้านคุณค่าสูงเพื่อสุขภาพ. *แก่นเกษตร,* 40(1), 1-6.

พัชรี คำประเวช และสุธีรา วัฒนกุล. (2561). การผลิตเม็ดบีดส์น้ำเสาวรสด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 26(8), 1381-1393.

Bennacef, C., Desobry, S., Jasniewski, J., Leclerc, S., Probst, L. & Desobry-Banon, S. (2023). Influence of alginate properties and calcium chloride concentration on alginate bead reticulation and size: A phenomenological approach. *Polymers*, 15(20), 4163. https://doi.org/10.3390/polym15204163

Bevan, P., Codina-Torrella, I., Xydia, C., Hammadi, N. E. & Almajano, M. P. (2024). Alginate spheres: Influence of agar and xanthan gum incorporation on membrane stability and permeability. *Polymers (Basel)*, 16(19), 2746. https://doi.org/10.3390/polym16192746

Bortolini, D. G., Maciel, G. M. & Haminiuk, C. W. I. (2024). Edible bubbles: A delivery system for enhanced bioaccessibility of phenolic compounds in red fruits and edible flowers. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 91, 103523. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103523

Chuacharoen, T. & Sabliov, C. M. (2019). Comparative effects of curcumin when delivered in a nanoemulsion or nanoparticle form for food applications: Study on stability and lipid oxidation inhibition. *LWT - Food Science and Technology*, 113, 108319. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108319

El-Saadony, M. T., Yang, T., Korma, S. A., Sitohy, M., Abd El-Mageed, T. A., Selim, S., Al Jaouni, S. K., Salem, H. M., Mahmmod, Y., Soliman, S. M., Mo'men, S. A. A., Mosa, W. F. A., El-Wafai, N. A., Abou-Aly, H. E., Sitohy, B., Abd El-Hack, M. E., El-Tarabily, K. A. & Saad, A. M. (2023). Impacts of turmeric and its principal bioactive curcumin on human health: Pharmaceutical, medicinal, and food applications: A comprehensive review. *Frontiers in Nutrition,* 9, 1040259. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1040259

Fan, Z., Li, L. & Bai, X. (2019). Extraction optimization, antioxidant activity, and tyrosinase inhibitory capacity of polyphenols from *Lonicera japonica*. *Food Science & Nutrition*, 7(5), 1786-1794. https://doi.org/10.1002/fsn3.1021

Lee, P. & Rogers, M. A. (2012). Effect of calcium source and exposure-time on basic caviar spherification using sodium alginate. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(2), 96-100. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2013.06.003

Moulick, S. P., Jahan, F., Islam, M. B., Bashera, M. A., Hasan, M. S., Islam, M. J., Ahmed, S., Karmakar, D., Ahmed, F., Saha, T., Dey, S. S., Boby, F., Saha, M., Saha, B. K. & Bhuiyan, M. N. H. (2023). Nutritional characteristics and antiradical activity of turmeric (*Curcuma longa* L.), beetroot (*Beta vulgaris* L.), and carrot (*Daucus carota* L.) grown in Bangladesh. *Heliyon,* 9(11), e21495. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21495

Patomchaiviwat, V., Sriamornsak, P., Chansiri, G., Limmatvapirat, S., Supawattanakul, A., Chonganon, T., Keattiteerachai, A. & Piriyaprasarth, S. (2022). Development of edible bubbles of calcium alginate for encapsulating energy drinks. *Science, Engineering and Health Studies*, 16, 22050018. https://doi.org/10.14456/sehs.2022.42

Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong, A. & Sirichakwal, P, P. (2008). Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(3), 241-248. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.10.002

Singh, K., Srichairatanakool, S., Chewonarin, T., Prommaban, A., Samakradhamrongthai, R. S., Brennan, M. A., Brennan, C. S. & Utama-ang, N. (2022). Impact of green extraction on Curcuminoid content, antioxidant activities and anti-cancer efficiency (in vitro) from turmeric rhizomes (*Curcuma longa* L.). *Foods*, 11(22), https://doi.org/3633.10.3390/foods11223633

Tsai, F.-H., Chiang, P.-Y., Kitamura, Y., Kokawa, M. & Islam, M. Z. (2017). Producing liquid-core hydrogel beads by reverse spherification: Effect of secondary gelation on physical properties and release characteristics. *Food Hydrocolloids*, 62, 140–148. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.07.002

Zibadi, S., Argüelles, M. & Watson, R. R. (2008). Passion fruit (*Passiflora edulis*): composition, efficacy and safety. *Botanical medicine in clinical practice*, 761-766. https://doi.org/10.1079/9781845934132.0761