การผลิตเม็ดบีดส์น้ำสับปะรดผสมโปรไบโอติกด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชั่น
Production of Pineapple Juice Beads Containing Probiotics by Reverse Spherification Technique

กิตติ เมืองตุ้ม[1]
Mueangtoom, K.[1]

Abstract

The study aims to find the optimum conditions for pineapple juice containing probiotic (Lactofit®, CA) beads by reverse spherification, which calcium-lactate concentration (0.5 and 1.0g/100g) and gelation time (5 and 10 mins) were evaluated. Results showed that the optimum condition was 0.5g/100g of calcium-lactate solution and 10 mins gelation time. The average diameter of beads was ranged at 4.70–5.17 mm. However, effect of gelling temperature (10 and 25°C) by alginate solutions were also studied. Utilization of sodium alginate solution at 10°C rendered the bead with greater physical properties of the lowest in bead swelling ($p \leq 0.05$) than other treatments. At the optimum condition, the probiotic survival rates in beads during storage at 10°C for four weeks were tested. Results of stability test of probiotic showed the survival rate was 97.62% (6.65×10^6 CFU per bead) and probiotic cell were not found in pineapple juice.

Keywords: Pineapple juice, Probiotic, Reverse spherification

บทคัดย่อ

การผลิตน้ำสับปะรดผสมกับโปรไบโอติกเป็นการเพิ่มคุณค่าต่อผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำเม็ดบีดส์สับปะรดผสมโปรไบโอติกส์ (Lactofit®, CA) ด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชั่น โดยการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำเม็ดบีดส์ ที่สารละลายแคลเซียมแลคเตทเข้มข้น 0.5 และ 1.0 กรัม/100 มิลลิลิตร เวลา 5 และ 10 นาที พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้น 0.5 กรัม/100 มิลลิลิตร เวลา 10 นาที ทำให้เม็ดบีดส์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 4.70-5.17 มิลลิเมตร และในการศึกษาอุณหภูมิในการแช่สารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่เหมาะสม พบว่า ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทำให้เม็ดบีดส์มีลักษณะทางกายภาพดีที่สุด ($p \leq 0.05$) และ และเมื่อนำเม็ดบีดส์ไปแช่ในน้ำสับปะรด ตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส 1 เดือน พบว่ามีอัตราการอดชีวิตของโปรไบโอติก 97.62 เปอร์เซ็นต์ (6.65×10^7 CFU ต่อเม็ดบีดส์) และไม่มีโปรไบโอติกหลุดออกมาในน้ำสับปะรดตลอดการเก็บรักษา

คำสำคัญ: น้ำสับปะรด โปรไบโอติก รีเวิร์สสเฟียริฟิเคชั่น

คำนำ

จังหวัดอุตรดิตถ์ มีการปลูกผลไม้เป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นพื้นที่เขา เหมาะสำหรับการทำสวนผลไม้ โดยเฉพาะลองกอง อำเภอลับแล และสับปะรด อำเภอน้ำปาด ที่มีการอัตราการล้นตลาด ราคาตกต่ำอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีผู้ประกอบการในจังหวัดอุตรดิตถ์ไม่น้อยกว่า 20 ราย มีแนวคิดในการผลิตเครื่องดื่มน้ำผลไม้ แต่ไม่สามารถสร้างมูลค่าได้ เนื่องจากผู้บริโภคมองว่าบริโภคเครื่องดื่มน้ำผลไม้จากแหล่งใด ก็ได้รับสรรพคุณจากผลไม้เหมือนกัน และผลไม้บางชนิดที่มีผลต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร ทำให้ผู้บริโภคได้รับสรรพคุณของเครื่องดื่มไม่เต็มประสิทธิภาพ และเปลี่ยนไปบริโภคอาหารเสริมอื่นแทน ดังนั้นวิธีการแก้ปัญหา คือ การเพิ่มสรรพคุณให้กับเครื่องดื่มน้ำผลไม้ โดยการส่งเสริมกิจกรรมทางจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร เพื่อให้ร่างกายได้รับสารสำคัญจากผลไม้ได้ง่าย และเป็นรูปแบบใหม่ที่สร้างมุมมองใหม่ให้ผู้บริโภค ในการพัฒนาต้นแบบการเติมจุลินทรีย์โปรไบโอติคซึ่งสวนใหญ่อยู่ในกลุมแบคทีเรียกรดแลคติค เช่น *Lactobacillus* spp. และ *Streptococcus* spp. ด้วยวิธีรีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน (reverse spherification) (Pawar และ Edgar, 2012) โดยการเติมจุลินทรีย์โปรไบโอติคด้วยวิธีนี้ทำให้จุลินทรีย์สามารถรอดชีวิตและสร้างกิจกรรมต่าง ๆ ในระบบทางเดินอาหารได้ มีผลไปยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษของแบคทีเรียที่ก่อโรค (กานต์ และรุ่งนภา, 2558)

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำเม็ดบีดส์สับปะรดผสมโปรไบโอติกส์ (Lactofit®, CA) ด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชั่น และการศึกษาการอยู่รอดของจุลินทรีย์ในเม็ดบีดส์ ในน้ำสับปะรดพลาสเจอไรซ์ ที่มีรูปแบบ

[1] หลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ (ลำรางทุ่งกะโล่) อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ ประเทศไทย 53000
[1] Biology Department, Faculty of Sciences and Technology, Uttaradit Rajabhat University (Tung Ka Lo) Mueang, Uttaradit, Thailand. 53000

การผลิตไม่ยาก สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าเกษตรที่สำคัญในเชิงเศรษฐกิจจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยใช้ผลไม้อัตลักษณ์ ได้แก่ น้ำสับปะรด ในการพัฒนาเป็นเครื่องดื่มผสม เม็ดบีดส์จุลินทรีย์โปรไบโอติค สำหรับเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผูบริโภค และการเพิ่มมูลค่าให้ผลไม้ท้องถิ่นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมเม็ดบีดส์โดยวิธี reverse spherification

1.1 การเตรียมสารละลายภายใน ดัดแปลงมาจาก Sultana และคณะ (2000) โดยการเตรียมความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ (Lactofit®, CA) ที่ความเข้มข้น 7 x10^7 CFU ต่อน้ำสับปะรด 1 มิลลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เติมแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก นำสารละลายที่ได้แช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา1 ชั่วโมง ก่อนนำไปหยดในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต

1.2 การเตรียมส่วนห่อหุ้ม นำโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.25, 0.5 และ 0.75 (w/v) นำไปตีปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน 5 นาที นำสารละลายโซเดียมอัลจิเนตไปแช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปเม็ดบีดส์

นำไซริงค์ดูดสารละลายจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์จากข้อ 1.1 นำมาหยดใส่ในสารละลายโซเดียมอัลจิเนตจากข้อ 1.2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ ทีละหยดและกวนส่วนผสมที่ 120 rpm เป็นเวลา 5 นาที จะเกิดเม็ดบีดส์ จากนั้นกรองเม็ดบีดส์ด้วยตระแกรงและล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้งทำ Reverse Spherification โดยแช่แคลเซียมเลคแตทที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 กรัม/100 มิลลิลิตร เวลา 5 และ 10 นาที เม็ดบีดส์จุลินทรีย์โปรไบโอติกที่ได้จากทุกทรีทเมนต์ นำมาทำการวิเคราะห์ลักษณะของเม็ดบีดส์และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์อัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ต่อไป

3. การวิเคราะห์จำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตในเม็ดบีดส์โปรไบโอติก

3.1 การนับจำนวนแบคทีเรียแลกติกที่ไม่ผ่านการห่อหุ้มเซลล์นำแบคทีเรียแลกศึกมาทำการเจือจางแบบ serial ten-fold (dilution ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.35 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตรโดยแบคทีเรียที่ผ่านกรดพีเอช 2.0 เป็นเวลา 3 ชั่วโมงให้เจือจางจนได้ระดับความเข้มข้น 10^2 ถึง 10^4 และแบคทีเรียที่ไม่ผ่านกรดให้เจือจางจนได้ระดับความเข้มข้น 10^6 ถึง 10^8 นับจำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตโดยเทคนิคการ pour plate ด้วยอาหาร NIRS agar หลอมเหลวเที่มีการเติม bromocresol purple 0.004 เปอร์เซ็นต์ รอจนอาหารแข็งตัวแล้วนำจานเพาะเชื่อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (นับจำนวนโคโลนีที่เปลี่ยนสีอาหาร MRS agar จากสีม่วงเป็นสีเหลือง) รายงานผลเป็น log CFU ต่อมิลลิลิตร (Annan และคณะ, 2008)

3.2 การนับจำนวนแบคทีเรียแลกติกที่ผ่านการห่อหุ้มเซลล์ซึ่งเม็ดเจล 1 กรัมเพิ่มสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์พีเอช 3.0 ปริมาตร 9 มิลลิลิตรนาไปเขย่าบนเครื่อง Vortex ที่ระดับความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 10 นาทีจนกระทั่งมีการละลายของเม็ดเจลทั้งหมดแล้วเจือจาง Suspension ของเซลล์ที่ได้แบบ serial ten-fold dilution ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.85 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตรเจือจางจนได้ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม นับจำนวนเซลล์ในเม็ดเจลโดยเทคนิคการ pour plate ด้วยอาหาร MRS agar หลอมเหลวที่มีการเติม bromocresol purple 0.004 เปอร์เซ็นต์ รอจนอาหารแข็งตัวแล้วนำจานเพาะเชื่อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (นับจำนวนโคโลนีที่เปลี่ยนสีอาหาร MRS agar จากสีม่วงเป็นสีเหลือง) รายงานผลเป็น log CFU ต่อมิลลิลิตร (Annan และคณะ, 2008)

4. การพัฒนาน้ำสับปะรด ที่ผสมเม็ดบีดส์จุลินทรีย์โปรไบโอติก

คั้นน้ำสับปะรดห้วยมุ่น นำมาใส่ขวดแก้วปริมาตร 250 มิลลิลิตร เติมเม็ดบีดส์จุลินทรีย์โปรไบโอติก ในอัตราส่วน เม็ดบีดส์ต่อน้ำสับปะรด 10 : 90, 20:80 และ 30:70 (w/v) ตามลำดับ นำน้ำสับปะรดผสมเม็ดบีดส์จุลินทรีย์โปรไบโอติก พลาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาสเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมาใส่น้ำแข็งทันที แล้วนำผลิตภัณฑ์เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์จำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตในเม็ดบีดส์ และในน้ำสับปะรดระหว่างการเก็บรักษาทุก 7 วันเป็นเวลา 1 เดือน ตามวิธีข้อ 3

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการวิจัยจากการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายทุกขั้นตอนที่ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan's new multiple range test และวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย analysis of variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**

1. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปเม็ดบีดส์

1.1 ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปเม็ดบีดส์ ทำโดยการเตรียมเม็ดบีดส์จุลินทรีย์โปรไบโอติก ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 0.25, 0.50 และ 0.75 วัดคุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ขนาด ผิวด้านนอกของเม็ดบีดส์ พบว่าเม็ดบีดส์จุลินทรีย์โปรไบโอติกทุกความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตมีขนาด 5 มิลลิเมตร ผิวเม็ดบีดส์ที่ความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 0.75 และ0.50 มีลักษณะผิวเรียบ ตึง และไม่เหี่ยว โดยที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 จะเปลือกแข็งและหนากว่า 0.50 ในขณะที่เม็ดบีดส์ที่ความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 0.25 มีลักษณะผิวย่น แต่ไม่ตึง และเหี่ยว

1.2 ความเข้มข้นของแคลเซียมแลกเตทที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปเม็ดบีดส์ในขั้นตอนการ Reverse Spherification พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้น 0.5 กรัม/100 มิลลิลิตร เวลา 10 นาที ทำให้เม็ดบีดส์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 4.70-5.17 มิลลิเมตร โดยที่การแช่ที่ 5 นาที ทำให้เม็ดบีดส์มีผนังบางและแตกง่ายกว่าการแช่ที่ 10 นาที โดยให้ผลในลักษณะเดียวกันกับการใช้แคลเซียมแลกเตทที่ความเข้มข้น 1.0 กรัม/100 มิลลิลิตร แต่ที่ความเข้มข้น 1.0 กรัม/100 มิลลิลิตร จะทำให้เม็ดบีดส์มีขนาดใหญ่ ผนังหนา และเหนียว ซึ่งไม่น่ารับประทาน โดยทั่วไปขนาดของเม็ดบีดส์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็นขนาดของหัวเข็มที่ใช้ในการหยด และความหนืดของสารละลาย (Wichchukit และคณะ, 2013) หรือสภาวะที่มีประจุบวกของสารละลายที่ใช้แช่ เช่น การแช่ในสารละลายแคลเซียมและการแช่ในสารละลายที่มี pH ต่ำ ซึ่งขนาดของเม็ดบีดส์ขึ้นอยู่กับความหนาของผิวเม็ดบีดส์ (Messaoud และคณะ, 2015)

2. ผลการศึกษาจำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตในเม็ดบีดส์โปรไบโอติก

เม็ดบีดส์จุลินทรีย์โปรไบโอติกที่ขึ้นรูปด้วย โซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 0.5 และความเข้มข้นแคลเซียมแลกเตทที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 แช่ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นำมาใช้ในการศึกษาจำนวนเซลล์ที่รอดชีวิต เปรียบเทียบกับจุลินทรีย์อิสระที่อยู่ในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง จำนวนเซลล์ที่อยู่ในเม็ดบีดส์มีจำนวนมากกว่า จุลินทรีย์อิสระ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสรุปได้ว่ากระบวนการ Reverse Spherification เป็นรูปแบบการตรึงเซลล์วิธีหนึ่งที่สามารถรักษาอัตราการอยู่รอดของเซลล์ได้นานขึ้น ซึ่งเกิดจากในเม็ดบีดส์มีสารอาหารสำหรับการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ได้ โดยน้ำสับปะรดที่ใช้ร่วมกับการผลิตเม็ดบีดส์มีสารอาหารที่จำกัดแต่ก็สามารถทำให้เชื้อจุลินทรีย์ดำรงชีวิตได้มากกว่า 48 ชั่วโมง (Ding และ Shah, 2008) ในขณะที่การตรึงเซลล์โปรไบโอติก เป็นจุลินทรีย์ผสมซึ่งหลายชนิดมีผลในการผลิตเอนไซม์ในการใช้สารอาหารและทำให้สารอาหารมีจำนวนมากขึ้นเพื่อประโยชน์ต่อจุลินทรีย์กรดแลกติกอื่นๆในเม็ดบีดส์อีกด้วย (กานต์ และรุ่งนภา, 2558)

3. ผลของการพัฒนาน้ำสับปะรด ที่ผสมเม็ดบีดส์จุลินทรีย์โปรไบโอติก

3.1 ลักษณะทางกายภาพ พบว่า เมื่อเก็บน้ำสับปะรดผสมเม็ดบีดส์ ในตู้เย็น 10 องศาเซลเซียส พบว่าตลอดระยะเวลา 7 วัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทั้งสี กลิ่น และความขุ่นของน้ำสับปะรด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการพาสเจอไรเซชั่นแล้ว และเก็บที่อุณหภูมิเย็น

3.2 อัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โปรไบโอติก พบว่า มีอัตราการรอดชีวิตลดลงในเม็ดบีดส์ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บ แต่ไม่มีผลแสดงการเจริญของเชื้อในน้ำสับปะรด ซึ่งแสดงว่าเชื้อไม่หลุดออกจากเม็ดบีดส์ ตลอดระยะเวลาการเก็บ โดยอัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์เมื่อเก็บที่เวลา 7 วัน ยังคงมีอัตราการรอดชีวิตที่ร้อยละ 100 ในขณะที่มีการเก็บผลิตภัณฑ์ 1 เดือน พบว่ามีอัตราการอดชีวิตของโปรไบโอติกที่ 97.62 เปอร์เซ็นต์ (6.65×10^7 CFU ต่อเม็ดบีดส์) ซึ่งอยู่ในระดับที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (กานต์ และรุ่งนภา, 2558)

สรุปผล

การทำเม็ดบีดส์สับปะรดผสมโปรไบโอติกส์ (Lactofit®, CA) ด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชั่น โดยการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำเม็ดบีดส์ ที่สารละลายแคลเซียมแลคเตทเข้มข้น 0.5 กรัม/100 มิลลิลิตร เวลา 10 นาที ทำให้เม็ดบีดส์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 4.70-5.17 มิลลิเมตร และในการศึกษาอุณหภูมิในการแช่สารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่เหมาะสม พบว่า ที่

อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทำให้เม็ดบีดส์มีลักษณะทางกายภาพดีที่สุด ($p \leq 0.05$) และ และเมื่อนำเม็ดบีดส์ไปแช่ในน้ำสับปะรดตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส 1 เดือน พบว่ามีอัตราการอดชีวิตของโปรไบโอติก 97.62 เปอร์เซ็นต์ (6.65×10^7 CFU ต่อเม็ดบีดส์) และไม่มีโปรไบโอติกหลุดออกมาในน้ำสับปะรดตลอดการเก็บรักษา ซึ่งอยู่ในระดับที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

คำขอบคุณ

นักวิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยประจำปี 2564 และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง**

กานต์ แย้มพงษ์ และรุ่งนภา สนุ่นดี, 2558, การประยุกต์ใช้การตรึงเซลล์โพรไบโอติกด้วยเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชั่นในผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรส, รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ, การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 2 “งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น”วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2558, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, หน้า 94-102.

Annan, N. T., Borza, A. D. and Hansen, L. T., 2008, Encapsulation in alginate coated gelatin microspheres improves survival of the probiotic *Bifidobacterium adolescentis* 15703T during exposure to simulated gastro intestinal conditions, Food Res. Int., 41: 184-193.

Ding, W. K. and Shah, N. P., 2008, Survival of Free and Microencapsulated Probiotic Bacteria in Orange and Apple Juices, International Food Research Journal, 15(2): 219 -232.

Messaoud, G.B., Sánchez-González, L., Jacquot, A., Probst, L. and Desobry, S., 2015, Alginate/sodium caseinate aqueouscore capsules: A pH-responsive matrix, J. Colloid and Interf. Sci., 440: 1-8.

Pawar, S.N. and Edgar, K.J., 2012, Alginate derivatization: A review of chemistry properties and applications, J. Biomat., 33: 3279-3305.

Sultana, K, Godward, G., Reynolds, N., Arumugaswamy, R., Peiris, P. and Kailasapathy, K., 2000, Encapsulation of probiotic bacteria with alginate-starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt, Int. J. Food Mierobiol., 62: 47-55.

Wichchukit, S., Oztop, M.H., McCarthy, M.J. and McCarthy, K.L., 2013, Whey protein/ alginate beads as carriers of a bioactive component, J. Food Hydrocoll., 33: 66-73.