

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้งเสริม *Lactobacillus casei* TISTR 1463

ที่ห่อหุ้มด้วยอัลจิเนตด้วยวิธีเอนแคปซูเลชัน

## Development of Dried Longkong Leather Product Supplemented with Alginate-Encapsulated *Lactobacillus casei* TISTR 1463

ธิดารัตน์ จุทอง,<sup>1\*</sup> รัตดา สมพงษ์<sup>1</sup> และอุราภรณ์ เรืองวัชรินทร์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

<sup>2</sup>คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

\*Email: thidarat@tsu.ac.th

### บทคัดย่อ

ศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้ง โดยการจัดการทดลองแบบผสม (Mixture design) และกำหนดปัจจัยที่ทำการศึกษาแบบกำหนดช่วง (Constrained simplex lattice mixture design) โดยช่วงการศึกษาปัจจัยประกอบด้วย เนื้อลองกอง 88-96 % กลีเซอรอล 0-4 % และเพคติน 3-7 % โดยกำหนดปริมาณกลูโคสไซรัปคงที่ที่ระดับ 1 % จากการทดลองพบว่า เนื้อลองกอง กลีเซอรอลและเพคติน มีผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้ง จากการพิจารณาการซ้อนทับของกราฟคอนทัวร์พบว่า สูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่น คือ มีอัตราส่วนของเนื้อลองกอง 92 % กลีเซอรอล 4 % เพคติน 3 % และกลูโคสไซรัป 1 % จากนั้นทำการเสริมเซลล์ของ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 ที่ถูกห่อหุ้มด้วยอัลจิเนตความเข้มข้น 1 % ในส่วนผสมของสูตรลองกองแผ่น แล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้เป็นผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นที่มีความชื้นน้อยกว่า 15 % หลังการทำแห้งพบว่าปริมาณเซลล์ *L. casei* TISTR 1463 เหลือรอดประมาณ 7.27-7.73 log CFU ต่อกรัม โดยอุณหภูมิในการอบแห้งที่ 50 และ 60 องศาเซลเซียสไม่มีผลต่อการเหลือรอดของเซลล์ *L. casei* TISTR 1463

**คำสำคัญ:** การทดลองแบบผสม ลองกองแผ่น โปรไบโอติก เอนแคปซูเลชัน

### Abstract

The influence of ingredients on physical, chemical and sensory properties of dried Longkong leather product was observed by using mixture design. The three-component constrained simplex lattice mixture design was performed. The range of three components were 88-96 % Longkong flesh, 0-4 % glycerol and 3-7 % pectin and glucose syrup content was fixed at 1 %. The results revealed that Longkong flesh, glycerol and pectin were significantly affected physical, chemical and sensory properties of dried Longkong leather product. The optimal formula

was determined by overlay contour plots which consisted of 92 % Longkong flesh, 4 % glycerol and 3 % pectin. Then alginate-encapsulated *Lactobacillus casei* TISTR 1463 was enriched in the optimal formula. Then the mixture was dried with a vacuum dryer at 50 and 60 °C until dried Longkong leather product had less than 15 % moisture content. The result showed that the survival of *L. casei* TISTR 1463 cells were about 7.27-7.73 log CFU/g after drying. The drying temperatures at 50 and 60 °C had no effect on the survival of *L. casei* TISTR 1463 cells.

**Keywords:** Mixture design, Longkong, Probiotic, Encapsulation

## บทนำ

ลองกองเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของเกษตรกรไทยในหลายจังหวัดทางภาคใต้และภาคตะวันออก ซึ่งจะมีผลผลิตในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน โดยในแต่ละปีพบว่ามีปัญหาลองกองล้นตลาดทำให้ราคาจำหน่ายลองกองตกต่ำ นอกจากนี้ลองกองเป็นผลไม้ที่เสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้น การนำลองกองมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้งจึงเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับลองกอง โดยผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้งสามารถรับประทานเป็นอาหารหวานหรืออาหารว่างได้ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์อบแห้งยังมีน้ำหนักเบา สะดวกต่อการขนส่งและบรรจุ ตลอดจนมีความคงตัวที่อุณหภูมิห้องและมีอายุการเก็บรักษานาน (Diamante et al., 2014)

กลุ่มผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจในปัจจุบัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโพรไบโอติก ซึ่งโพรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่สามารถเจริญในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์และเป็นประโยชน์ต่อร่างกายโดยสามารถป้องกันการเกาะผนังลำไส้ของจุลินทรีย์ก่อโรค นอกจากนี้ ยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค ช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกัน ลดคอเลสเตอรอล ลดความเสี่ยงในการเป็นโรคเมะเร็งลำไส้ เป็นต้น (Rivera-Espinoza and Gallardo-Navarro, 2010) โพรไบโอติกส่วนใหญ่จะอยู่ในจีนัส *Bifidobacterium* และ *Lactobacillus* นอกจากนี้ ยังรวมถึงจีนัส *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Saccharomyces* และ *Propionibacterium* ซึ่งโดยปกติโพรไบโอติกมักจะพบในผลิตภัณฑ์อาหารหมักและผลิตภัณฑ์นม ซึ่งเดิมอาหารสุขภาพที่เป็นแหล่งโพรไบโอติกที่เป็นที่รู้จักกันดี คือ โยเกิร์ต แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการอาหารสุขภาพที่หลากหลายมากขึ้น ดังนั้น การพัฒนาอาหารเสริมโพรไบโอติกในกลุ่มอื่นๆ นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตจากนมเพื่อเป็นทางเลือกใหม่แก่ผู้บริโภค เช่น ผลิตภัณฑ์ผักหรือผลไม้ที่เสริมโพรไบโอติก ซึ่งในปัจจุบันตลาดการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมีความต้องการสูงขึ้น จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่จำหน่ายก็มีความหลากหลาย เช่น อาหารขบเคี้ยวที่เสริมเชื้อโพรไบโอติก นมผงผสมเชื้อโพรไบโอติกและพรีไบโอติก น้ำผลไม้เติมเชื้อโพรไบโอติก ผลไม้อบแห้งที่เติมเชื้อโพรไบโอติก เป็นต้น ซึ่งล้วนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาเพื่อเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภค โพรไบโอติกที่เติมหรือเสริมในผลิตภัณฑ์จากผลไม้ส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่ม *Lactobacillus* ssp. และ *Bifidobacterium* ssp. ซึ่งจัดเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการทำงานของระบบทางเดินอาหารโดยปรับสมดุลแบคทีเรียในลำไส้ (Fuller, 1989)

วิธีการเสริมโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์ผลไม้อาจทำได้หลายวิธี เช่น โดยการแช่ในสภาวะสุญญากาศ (Vacuum impregnation; VI) (Betoret et al., 2003; Betoret et al., 2011; Zhao and Xie, 2004) โดยการเคลือบ (Coating) โดยการห่อหุ้มเซลล์ (Encapsulation) (Betoret et al., 2011; Röble et al., 2010) ซึ่งการห่อหุ้มเซลล์โพรไบโอติกด้วยตัวกลางเป็นแนวทางที่น่าสนใจเนื่องจากสามารถปกป้องเซลล์ให้มีชีวิตเหลือรอดถึงระบบลำไส้ใหญ่ให้มีปริมาณเพียงพอที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้งและความเป็นไปได้ในการเสริมโพรไบโอติกที่ถูกห่อหุ้มด้วยอัลจิเนตในผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้ง

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้งที่เหมาะสมและศึกษาปริมาณ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 ในผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้งที่เหลือรอดหลังการทำแห้งแบบสุญญากาศ

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

#### จุลินทรีย์

*Lactobacillus casei* TISTR 1463 จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

#### การเตรียมวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่น

วัตถุดิบที่ใช้ประกอบด้วย ลองกอง กลูโคสไซรัป เพคติน และกลีเซอรอล ทำการเตรียมลองกองโดยการปอกเปลือกลองกอง แกะเอาเฉพาะส่วนผลลองกอง ล้างทำความสะอาด แล้วแยกเอาส่วนของเนื้อลองกอง และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

#### การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่น

ศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมที่มีต่อคุณภาพทางด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์โดยดัดแปลงสูตรพื้นฐานจาก ธนัญญา อินทร์สุวรรณ และปาริชาติ คงสนั่น (2558) และชุตินา ภูมิวนิชชา และคณะ (2550) โดยการจัดการทดลองแบบผสม (Mixture design) กำหนดปัจจัยที่ทำการศึกษามากำหนดช่วง (Constrained simplex lattice mixture design) ตามวิธีการของ Montgomery (2005) ช่วงการศึกษามีปัจจัยประกอบด้วยเนื้อลองกอง ( $X_1$ ) 88-96 % กลีเซอรอล ( $X_2$ ) 0-4 % และเพคติน ( $X_3$ ) 3-7 % โดยกำหนดปริมาณกลูโคสไซรัปคงที่ที่ระดับ 1 % ซึ่งจะได้สูตรลองกองแผ่นทั้งหมด 9 สูตร ดังตารางที่ 1

ขั้นตอนในการผลิตผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นโดยนำเนื้อลองกองมาผสมกับเพคติน แล้วปั่นผสมให้เข้ากัน ตั้งไฟให้ความร้อนประมาณ 60 องศาเซลเซียส แล้วเติมกลีเซอรอลและกลูโคสไซรัป กวนผสมให้เข้ากัน แล้วเทลงถาดอะลูมิเนียม ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 15-20 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพของส่วนผสมก่อนอบ ได้แก่ ค่าความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield วิเคราะห์คุณภาพลองกองแผ่นหลังอบ ได้แก่ ค่าสี โดยวัดค่าในระบบ L a b ค่าวอเตอร์แอคติวิตี ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณความชื้น และทำการวิเคราะห์ความชอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความชอบของผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นทั้ง 9 สิ่งทดลอง ด้วยวิธีการให้

คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale โดยการให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์จาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) โดยทำการทดสอบคุณลักษณะด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

**ตารางที่ 1** กำหนดปัจจัยที่ทำการศึกษาแบบกำหนดช่วง (Constrained simplex lattice mixture design) ของสูตรผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้ง

| สูตร | ระดับปัจจัย (%)       |                     |                  |
|------|-----------------------|---------------------|------------------|
|      | เนื้อลองกอง ( $X_1$ ) | กลีเซอรอล ( $X_2$ ) | เพคติน ( $X_3$ ) |
| 1    | 96                    | 0                   | 3                |
| 2    | 94                    | 0                   | 5                |
| 3    | 92                    | 0                   | 7                |
| 4    | 94                    | 2                   | 3                |
| 5    | 92                    | 2                   | 5                |
| 6    | 90                    | 2                   | 7                |
| 7    | 92                    | 4                   | 3                |
| 8    | 90                    | 4                   | 5                |
| 9    | 88                    | 4                   | 7                |

#### การเตรียมเชื้อ *Lactobacillus casei* TISTR 1463

นำเชื้อ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 บริสุทธิ์จาก Nutrient Agar (NA) 1 ลูกปัดลงในอาหารเหลว De Man Rogosa Sharpe (MRS) ปริมาตร 150 มิลลิลิตร เลี้ยงเชื้อที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บเกี่ยวเซลล์โดยการปั่นเหวี่ยงที่ 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการล้างเซลล์ 2 รอบด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.85 % (Zanjani et al., 2014)

#### การห่อหุ้มเซลล์โพรไบโอติก *Lactobacillus casei* TISTR 1463 ด้วยอัลจิเนตโดยวิธีเอนแคปซูเลชัน

ทำการละลายแป้งข้าวโพด 2 กรัมลงในน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร แล้วทำการให้ความร้อนจนเกิดเป็นเจล แล้วเติมโซเดียมอัลจิเนต 1 กรัม ผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน ตั้งทิ้งให้เย็นไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส แล้วเติมเซลล์ *L. casei* TISTR 1463 ( $\approx 10 \log$  CFU ต่อ มิลลิลิตร) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วทำการกวนผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน โดยทุกขั้นตอนทำในสภาวะปลอดเชื้อ แล้วนำไปทำเป็นอิมัลชันในน้ำมันพืช 500 มิลลิลิตร ที่มีการเติม Tween 80 0.02 % แล้วกวนผสมเป็นเวลา 20 นาที ที่ความเร็ว 350 รอบต่อนาที จะสังเกตเห็นของผสมเป็นเนื้อครีม จากนั้นทำการเติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ผสมและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จะสังเกตเห็นการแยกชั้นของน้ำและน้ำมัน ทำการแยกส่วนน้ำมันออกและเก็บเกี่ยวแคปซูลของเซลล์ด้วยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 350 รอบต่อนาที นาน 10 นาที (ดัดแปลงจาก Zanjani et al., 2014; Trabelsi et al., 2013)

## การเติมเซลล์ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 ที่ถูกห่อหุ้มด้วยอัลจิเนตโดยวิธีเอนแคปซูลชันในส่วนผสมลงกองแผ่น

ส่วนผสมของสูตรผลิตภัณฑ์ลงกองแผ่นซึ่งประกอบด้วยเนื้ลงกอง กลีเซอรอล เพคตินและกลูโคสไซรัป เท่ากับ 92, 4, 3 และ 1 % ตามลำดับ ซึ่งได้จากขั้นตอนพัฒนาสูตรที่เหมาะสมจากการทดลองข้อที่ 3 โดยนำเนื้ลงกองมาผสมกับเพคติน แล้วบั่นผสมให้เข้ากัน ตั้งไฟให้ความร้อนประมาณ 60 องศาเซลเซียส แล้วเติมกลีเซอรอลและกลูโคสไซรัป กวนผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งให้เย็นแล้วเติมเซลล์ *L. casei* TISTR 1463 ที่ถูกห่อหุ้มด้วยอัลจิเนต 1 % (โดยปริมาตร) เปรียบเทียบกับเซลล์ที่ไม่ถูกห่อหุ้ม กวนผสมให้เข้ากันแล้ว เติมส่วนผสมที่ได้ 35 กรัม ลงในภาชนะที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร จะได้ความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบสูญอากาศที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์ปริมาณ *L. casei* TISTR 1463 โดยการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง MRS ด้วยเทคนิค Pour plate เลี้ยงเชื้อที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงและคำนวณอัตราการเหลือรอดหลังการอบแห้ง ดังนี้

$$\text{อัตราการเหลือรอด (\%)} = \frac{\text{ปริมาณเซลล์ที่เหลือรอด}}{\text{ปริมาณเซลล์เริ่มต้น}} \times 100$$

## ผลการวิจัย

### การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ลงกองแผ่น

จากการศึกษาความสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับค่าคุณภาพต่างๆ ดังกล่าว ทำให้สามารถสร้างสมการถดถอยแบบ linear model เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ค่าคุณภาพกับปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณเนื้ลงกอง ( $X_1$ ) ปริมาณกลีเซอรอล ( $X_2$ ) และปริมาณเพคติน ( $X_3$ ) แสดงผลดังตารางที่ 2

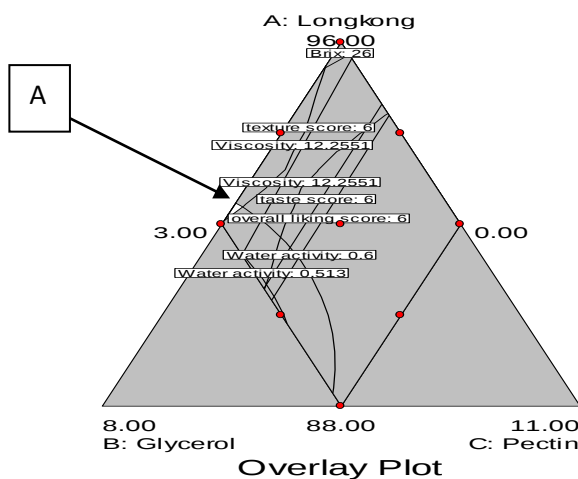
เมื่อนำสมการถดถอยของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลงกองแผ่นทางด้านกายภาพ ได้แก่ ความหนืดของส่วนผสมก่อนอบแห้ง ทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด วอเตอร์แอคทีวิตี และปริมาณกรดทั้งหมด และทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ คุณลักษณะด้านรสชาติ คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวม มาสร้างกราฟคอนทัวร์ (Contour plot) ซ้อนทับกันเพื่อหาพื้นที่ในการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม (ภาพที่ 2) พบว่า พื้นที่ที่ซ้อนทับกันคือพื้นที่ A ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมของส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ลงกองแผ่น โดยสูตรที่เหมาะสมทั้งหมดที่จากการประมวลผลเลือกจุดหรือสูตรที่เหมาะสม

จากพื้นที่ทั้งหมดที่มีการคัดเลือกโดยมีค่าคุณภาพที่ดีที่สุด คือ สูตรที่มีส่วนผสมของเนื้ลงกอง 92.09% กลีเซอรอล 3.91 % และเพคติน 3.00 % จากการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมนี้จะได้สูตรการผลิต คือ เนื้ลงกอง 92 % กลีเซอรอล 4 % และเพคติน 3 %

**ตารางที่ 2** ตัวแบบสมการถดถอยเพื่อการพยากรณ์ของคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้ง

| Dependent variable; y    | Predictive Model                                                                                    | R <sup>2</sup> |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| ความหนืด                 | $213.68X_1 - 22086.89X_2 + 1.52E+005X_3 + 236.54X_1X_2 - 1654.46X_1X_3 - 1436.98X_2X_3$             | 0.9894         |
| ปริมาณของแข็งทั้งหมด     | $0.22X_1 + 0.80X_2 + 1.47X_3$                                                                       | 0.8457         |
| วอเตอร์แอคทีวิตี         | $4.02E-003X_1 - 4.74X_2 - 0.59X_3 + 0.05X_1X_2 + 6.94E-003X_1X_3 + 0.60X_2X_3 - 6.41E-003X_1X_2X_3$ | 0.9839         |
| ปริมาณกรดทั้งหมด         | $0.022X_1 - 0.09X_2 + 0.02X_3$                                                                      | 0.8613         |
| คุณลักษณะด้านรสชาติ      | $0.09X_1 + 0.09X_2 - 0.50X_3$                                                                       | 0.8623         |
| คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส | $0.08X_1 + 0.13X_2 - 0.54X_3$                                                                       | 0.9256         |
| ความชอบรวม               | $0.08X_1 + 0.09X_2 - 0.38X_3$                                                                       | 0.8143         |

หมายเหตุ  $X_1$  = เนื้อมลองกอง  $X_2$  = กลีเซอรอล  $X_3$  = เพคติน



**ภาพที่ 1** Overlay plot แสดงพื้นที่ A เป็นพื้นที่คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้ง

### การห่อหุ้มเซลล์และการผลิตผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้งเสริมโพรไบโอติก

เซลล์ของ *L. casei* TISTR 1463 ถูกห่อหุ้มด้วยอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 1 % แล้วทำการเติมในส่วนผสมของสูตรลองกองแผ่นซึ่งประกอบด้วยเนื้อลองกอง กลีเซอรอล เพคตินและกลูโคสไซรัป แล้วนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบกับลองกองแผ่นที่เสริมด้วย *L. casei* TISTR 1463 ที่ไม่ถูกห่อหุ้ม พบว่า

ลองกองแผ่นที่เสริมโพรไบโอติกที่ถูกห่อหุ้ม มีปริมาณเซลล์ ( $\approx 7 \log$  CFU ต่อกรัม) (ภาพที่ 2A) และอัตราการเหลือรอดสูงกว่าเซลล์ที่ไม่ถูกห่อหุ้ม (71-79 %) (ภาพที่ 2B) โดยอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่ออัตราการเหลือรอดของเซลล์ *L. casei* TISTR 1463 ที่ไม่ถูกห่อหุ้ม ซึ่งการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสทำให้มีอัตราการเหลือรอดสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ในการห่อหุ้มเซลล์ด้วยอัลจิเนตด้วยวิธีเอนแคปซูเลชันโดยใช้เทคนิคอิมัลชันสามารถเพิ่มอัตราการเหลือรอดของโพรไบโอติกได้

จากการทดลองของ Ayama et al. (2014) พบว่า ประสิทธิภาพในการห่อหุ้มเซลล์โพรไบโอติก *L. plantarum* CM53 ด้วยอัลจิเนตความเข้มข้น 1 % ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการห่อหุ้มเซลล์ด้วยอัลจิเนตความเข้มข้น 2 และ 3 % และเมื่อทดสอบความทนทานต่อน้ำย่อยในกระเพาะอาหารจำลองเป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าเซลล์ที่ถูกห่อหุ้มด้วยอัลจิเนตมีอัตราการเหลือรอดของเซลล์สูงกว่าเซลล์ที่ไม่ถูกห่อหุ้ม โดยมีอัตราการเหลือรอด 92.97 %, 89.55 %, 77.55 % และ 69.82 % เมื่อเซลล์ถูกห่อหุ้มด้วยอัลจิเนตความเข้มข้น 3 %, 2 %, 1 % และเซลล์ที่ไม่ถูกห่อหุ้ม ตามลำดับ (Ayama et al., 2014)

การเสริมโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อน เช่น การทำแห้ง จำเป็นต้องหาระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตโดยเป็นระดับอุณหภูมิที่ไม่มีผลต่อการลดปริมาณโพรไบโอติกที่มีชีวิตและทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงลักษณะที่พึงประสงค์ ยกตัวอย่างเช่น ในการทำแห้งนั้นหากใช้ระดับอุณหภูมิต่ำจะเป็นผลดีต่อการอยู่รอดของโพรไบโอติก แต่อาจทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สูงอาจส่งผลให้คุณภาพของอาหารทางด้านกายภาพและเคมีไม่เป็นที่ยอมรับและทำให้ระยะเวลาการเก็บรักษาสั้น (Makinen et al., 2012)

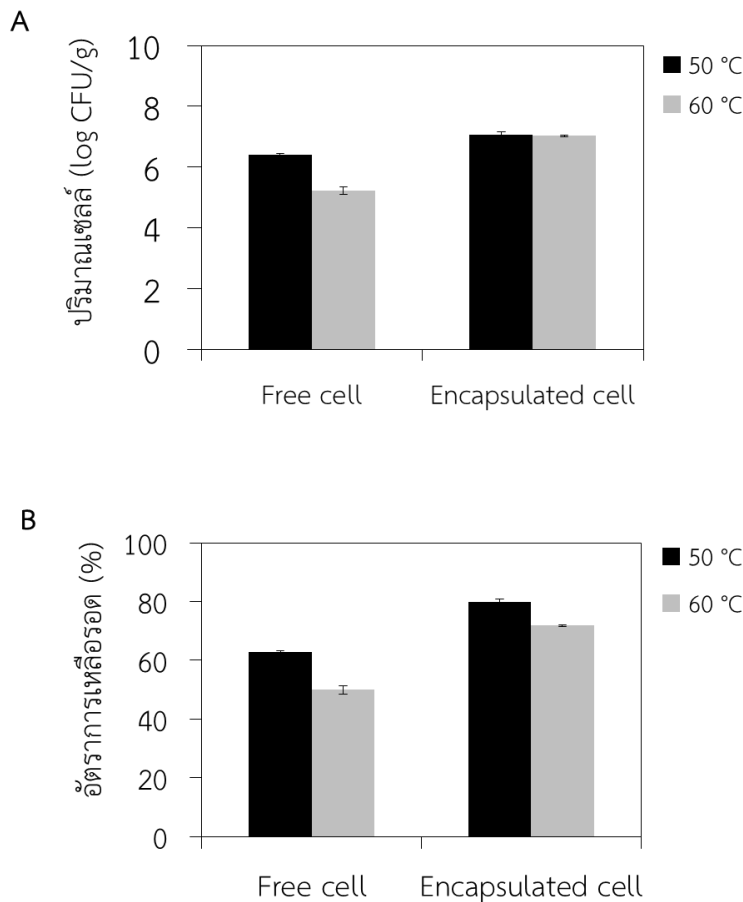
ดังนั้นการเลือกใช้ระดับอุณหภูมิในการทำแห้งจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการรักษาปริมาณโพรไบโอติกที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนี้ วิธีการทำแห้งยังมีความสำคัญอีกทางหนึ่งโดยหากใช้การทำแห้งแบบสุญญากาศ ซึ่งมีหลักการโดยการให้น้ำระเหยกลายเป็นไอในระดับอุณหภูมิต่ำกว่าการทำแห้งแบบลมร้อนในสภาวะความดันปกติ

การทำแห้งแบบสุญญากาศจึงทำให้โพรไบโอติกสัมผัสกับความร้อนในการทำแห้งเป็นเวลาสั้นกว่าจึงสามารถช่วยรักษาปริมาณโพรไบโอติกที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์อาหารได้

จากการทดลองของ Noorbakhsh et al. (2013) ซึ่งทำการเปรียบเทียบวิธีการทำแห้งแอปเปิ้ลชิ้นที่เสริมเชื้อ *L. rhamnosus* โดยทำแห้ง 3 วิธี ได้แก่

- (1) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
- (2) การทำแห้งแบบลมร้อน
- (3) การทำแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการทำแห้งด้วยไมโครเวฟในสภาวะสุญญากาศ

พบว่า การทำแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการทำแห้งด้วยไมโครเวฟในสภาวะสุญญากาศทำให้ผลิตภัณฑ์ แอปเปิ้ลชั้นเสริมโพรไบโอติกนั้นมีปริมาณ *L. rhamnosus* เหลือรอดที่มีชีวิตในปริมาณสูงกว่าการทำแห้งอีก 2 วิธี เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2 ปริมาณเซลล์ (A) และอัตราการเหลือรอด (B) ของ *L. casei* TISTR 1463 ที่ไม่ห่อหุ้มและถูกห่อหุ้มด้วยอัลจิเนตในผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้ง เมื่ออบแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส

จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 346 พ.ศ. 2555 เรื่อง การใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในอาหาร (ฉบับที่ 2) จุลินทรีย์โพรไบโอติก หมายถึง จุลินทรีย์ที่มีชีวิตซึ่งใช้ในอาหารและจะเกิดผลต่อสุขภาพเมื่อผู้บริโภคได้รับในปริมาณที่เพียงพอ โดยจะต้องคงเหลือปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่มีชีวิตอยู่ไม่น้อยกว่า  $10^6$  CFU หรือ 6 log CFU ต่ออาหาร 1 กรัม ตลอดการเก็บรักษาของอาหารนั้น

การทดลองครั้งนี้พบว่า การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้งเสริม *L. casei* TISTR 1463 ที่ห่อหุ้มด้วยอัลจิเนตด้วยวิธีเอนแคปซูเลชัน ทำให้ยังเหลือเซลล์โพรไบโอติกที่มีชีวิตประมาณ 7 log CFU ต่อกรัม ดังนั้น จึงเป็นแนวทางที่สามารถพัฒนาเป็นอาหารเสริมโพรไบโอติกต่อไปได้

## อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่น คือ มีอัตราส่วนของเนื้อลองกอง 92 % กลีเซอรอล 4 % เพคติน 3 % และกลูโคสไซรัป 1 % สำหรับกระบวนการเสริมเซลล์ *L. casei* TISTR 1463 ที่ถูกห่อหุ้มด้วยอัลจิเนตความเข้มข้น 1 % ในผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นที่อบแห้งทำให้มีปริมาณเซลล์เหลือรอดมากกว่า 6 log CFU ต่อกรัม ซึ่งสามารถจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโพรไบโอติกได้ และเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโพรไบโอติกทางเลือก นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกกลุ่มผลิตภัณฑ์นม เพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับกลุ่มผู้บริโภคที่หลากหลายขึ้น

### ข้อเสนอแนะ

แนวทางในการศึกษาและวิจัยต่อไปคือการศึกษาอัตราการเหลือรอดของ *L. casei* TISTR 1463 ในระหว่างการเก็บรักษา ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นที่อบแห้งทางด้านกายภาพ เคมีและทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ ควรศึกษาการเหลือรอดของ *L. casei* TISTR 1463 ในสภาวะการย่อยของระบบทางเดินอาหารจำลอง

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ภายใต้สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปี 2559 และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สำหรับการสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- ชุตินา ภูมิวนิชชา อนุวัตร แจ่มชัด และกมลวรรณ แจ่มชัด. (2553). การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะขามป้อมแผ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชนัญญา อินทร์สุวรรณ และปาริชาติ สงสนันท์. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์มัลเบอร์รี่แผ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ.
- Ayama, H., Sumpavapol, P. and Chantachum, S. (2014). Effect of encapsulation of selected probiotic cell on survival in simulated gastrointestinal tract condition. Songklanakarin J. Sci. Technol. 36(3): 291-299.
- Betoret, E., Betoret, N., Vidal, D. and Fito, P. (2011). Functional foods development: Trends and technologies. Trends in Food Science and Technology. 22: 498-508.

- Betoret, N., Puente, L., Diaz, M. J., Pagan, M. J., Garcia, M. J., Gras, M. L., Marnez-Monz, J. and Fito, P. (2003). Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation. *J. Food Eng.* 56: 273–277.
- Diamante, L.M., Bai, X. and Busch, J. (2014). Fruit Leathers: Method of preparation and effect of different conditions on qualities. *Inter. J. Food Sci.* Article ID 139890, 12 p.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animal. *J. Applied Bacteriol.* 66(5): 365-378.
- Makinen, K., Berger, B., Bel-Rhliid, R. and Ananta, E. (2012). Science and technology for the mastership of probiotic applications in food products. *J. Biotechnol.* 162: 356-365.
- Montgomery, D.C. (2005). *Design and Analysis of Experiments*, 6th ed. John Wiley & Sons. Inc. USA.
- Noorbakhsh, R. Yaghmaee, P. and Durance, T. (2013). Radiant energy under vacuum (REV) technology: A novel approach for producing probiotic enriched apple snacks. *J. Functional Foods.* 5: 1049-1056.
- Rivera-Espinoza, Y. and Gallardo-Navarro, Y. (2010). Non-dairy probiotic products. *Food Microbiol.* 27:1–11.
- Rößle, C., Brunton, N., Gormley, R. T., Ross, P.R. and Butler, F. (2010). Development of potentially synbiotic fresh-cut apple slices. *J. Functional Foods* 2: 245–254.
- Trabelsi, I., Bejar, W., Ayadi, D., Chouayekh, H., Kammoun, R., Bejar, S. and Salah, R.B. (2013). Encapsulation in alginate and alginate coated-chitosan improved the survival of newly probiotic in oxgall and gastric juice. *Int. J. Bio. Micromolecules.* 61: 36-42.
- Zanjani, M.A.K., Tarzi, B.G., Sharifan, A. and Mohammadi, N. (2014). Microencapsulation of probiotics by calcium alginate-gelatinized starch with chitosan coating and evaluation of survival in simulated human gastro-intestinal condition. *Iranian J. Pharma. Reserch.* 13(3): 483-452.
- Zhao, Y. and Xie, J. (2004). Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing. *Trends in Food Science & Technol.* 15: 434–451.