รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากผงบุกกลูโคแมนแนนที่มีสมบัติซินไบโอติกเพื่อผู้สูงอายุ

Development of Synbiotic Drinking Jelly from Konjac Glucomannan for elderly people

นางสาวอรชร เมฆเกิดชู

นางชาลิตา บรมพิชัยชาติกุล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2560

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากผงบุกกลูโคแมนแนนที่มีสมบัติซินไบโอติกสำหรับผู้สูงอายุ

แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 80,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2559 ถึง 30 กันยายน 2560

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

1. หัวหน้าโครงการวิจัย อ.ดร. อรชร เมฆเกิดชู

สาขาวิชา เทคโนโลยีการหมัก คณะอุตสาหกรรมเกษตร สงขลา

2. ผู้ร่วมวิจัย ผศ.ดร. ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากผงบุกกลูโคแมนแนนที่มีสมบัติซินไบโอติกสำหรับผู้สูงอายุ โดยจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ใช้ในการทดลองเป็นจุลินทรีย์สายพันธุ์ทางการค้า คือ *Lactobacillus paracasei* LYO-150 และ cocktail ของ *Escherichia coli* สายพันธุ์ที่คัดแยกได้จากคนไทยซึ่ง เป็นตัวแทนของจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบทางเดินอาหาร จากนั้นนำมาทดสอบความสามารถของโพรไบโอติกในการใช้พรีไบโอติกโดยเทียบกับพรีไบโอติกทางการค้าทั้งหมด 3 ชนิดคือ Galactooligosaccharide (GOS), Highly soluble inulin (HSI) และผงบุกกลูโคแมนแนนน ที่ความเข้มข้น 1% w/v จากนั้นคัดเลือกคู่ของโพรไบโอติกและพรีไบโอติกที่เหมาะสม พบว่าคู่ของ *Lactobacillus paracasei* LYO- 150 และ galactooligosaccharide มีค่า prebiotic activity score สูงที่สุด เหมาะสำหรับใช้พัฒนาในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่มีคุณสมบัติเป็นซินไบโอติก โดยผงบุกกลูโคแมนแนนใช้เป็นองค์ประกอบหลักของการเกิดเจลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 0.75 และ 1% w/v โดยใช้ร่วมกับสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 0.14% v/v และน้ำฝรั่งชมพู จากนั้นให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที โดยมีการวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มซินไบโอติก ได้แก่ ค่าความหนืด ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าพีเอช ค่าสี และค่าการยอมรับทางประสาทรสสัมผัสของผลิตภัณฑ์เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า พบว่า ผงบุกกลูโคแมนแนนที่ระดับความเข้มข้น 0.75%w/v ที่ใช้ร่วมกับสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มซินไบโอติกใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าสำหรับผู้สูงอายุมากที่สุด จากนั้นศึกษาอัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติกร่วมกับพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีไบโอติกในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มซินไบโอติกในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 14 วัน โดยมีเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นที่ประมาณ 8 Log (CFU/g) ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่เติมน้ำฝรั่งชมพู พบการเจริญของจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่คงตัว โดยมีการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณน้อย คือ 0.25 – 0.5 log cycle จากปริมาณเชื้อเริ่มต้นในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่เติมน้ำฝรั่งชมพู พบว่ามีการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ 1.86 Log cycle จากปริมาณเชื้อเริ่มต้นหรือมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เหลืออยู่ 9.4 x 10^6 CFU/g ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่ใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกต้องมีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกคงเหลืออยู่ไม่น้อยกว่า 6 log CFU ต่ออาหาร 1 กรัม ตลอดอายุการเก็บรักษาของอาหาร เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มซินไบโอติกเหมาะสำหรับประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพของผู้สูงอายุต่อไปได้

คำสำคัญ: ซินไบโอติก ผงบุกกลูโคแมนแนน ผู้สูงอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: **Development of synbiotic drinking jelly from konjac glucomannan for elderly people**

Researcher: Orachorn Mekkerdchoo

Faculty: Agro-Industry **Department:** Fermentation Technology

ABSTRACT

The purpose of this research was to developed synbiotic drinking jelly with konjac glucomannan (KGM) for elderly people. Probiotic bacteria was used in this experiment is *Lactobacillus paracasei* LYO 150 and cocktail of *Escherichia coli* ATTC strains isolated from intestinal of Thai people aim to represent the microorganisms in digestive tract. The ability of probiotics bacteria to using prebiotics substances were compared between commercial prebiotics including Galactooligosaccharide (GOS), Highly soluble inulin (HSI) and konjac glucomannan (KGM). The best pair of probiotics and prebiotics found in Lactobacillus paracasei LYO 150 with galactooligosaccharide (GOS) that had the highest scores for develop drinking jelly with that has synbiotic properties. Konjac glucomannan was used to develop drinking jelly at different concentration 0.5, 0.75 and 1% w/v. A The effect of alkaline solution were studied with potassium hydroxide (KOH) or sodium hydroxide (NaOH) at 0.14% v/v. were then drinking jellies were pasteurized at 85°C for 5 minutes. The physical properties of drinking jelly were analyzed include viscosity, water holding capacity (WHC), pH, color and sensory evaluation. The result showed that 0.75 % w/v konjac glucomannan with sodium hydroxide had suitable properties as drinking jelly that similar to commercial products for elderly people. In addition, survival rate of probiotic bacteria with prebiotic in drinking jelly during storage at 4°C for 14 days. with inoculum starter 10^8 log(CFU/g) were studied. The result showed that growth rate of probiotic bacteria has stable with reducing only 0.25-0.5 log cycle. When compared with the control, it can be seen trend of decreasing in amount of probiotic bacteria at 10^6 Log (CFU/g). According to commercial probiotic product that not less than 10^6 log(CFU/g). Therefore, this synbiotic drinking jelly has suitable for apply as a health food products for elderly people.

Keywords : Synbiotic, Konjac glucomannan, Elderly people

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษ เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากผงบุกกลูโคแมนแนนที่มีสมบัติซินไบโอติกสำหรับผู้สูงอายุ (Development of synbiotic drinking jelly from konjac glucomannan for elderly people) จะสำเร็จได้ผู้จัดทำขอขอบคุณ สุปรียา พรรณลำเจียก, อรวรรยา อัคนิวรรณ และภูรินท์ ทองพันชั่ง ซึ่งเป็นนักศึกษาปัญหาพิเศษนำแนวทางที่จะทำให้งานวิจัยนี้เกิดผลสำเร็จได้ และเปิดโอกาสให้ผู้จัดทำได้ใช้ความสามารถและฝึกฝนทักษะในหลายๆด้าน และช่วยแก้ไขปัญหาพิเศษเล่มนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอบคุณเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ดูแลและอำนวยความสะดวกในการจัดทำปัญหาพิเศษมาอย่างเสมอ และการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ที่ได้รับการจัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัย

อรชร เมฆเกิดชู

ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 โพรไบโอติก (probiotics) 3

2.2 พรีไบโอติก 9

2.3 ซินไบโอติก (synbiotic) 12

2.4 ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่ไม่ผลิตจากนม 12

2.5 คุณสมบัติในการเกิดเจลของกลูโคแมนแนนจากผงบุก 14

2.6 ประโยชน์จากบุกต่อสุขภาพของผู้บริโภค 15

2.7 ความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกของบุก 16

2.8 การใช้ประโยชน์จากบุกต่อผู้สูงอายุ 16

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 18

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี 18

3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 22

4.1 ผลการทดสอบความสามารถของโพรไบโอติกในการใช้พรีไบโอติก 22

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติก 24

4.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติก 29

4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติก 30

4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าสีในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติก 32

4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติก 36

4.7 ผลการวิเคราะห์อัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา 38

4.8 อัตราการรอดชีวิตของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์เยลลี่ 40

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 41

5.1 สรุปผลการวิจัย 41

5.2 ข้อเสนอแนะ 42

บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย 43

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง 44

ภาคผนวก 47

ภาคผนวก ก 48

ภาคผนวก ข 49

ภาคผนวก ค 51

ภาคผนวก ง 54

ภาคผนวก จ 55

ภาคผนวก ฉ 56

ภาคผนวก ช 61

ประวัตินักวิจัย 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ค่า Prebiotic activity score ในใยอาหารแต่ละชนิด	23
4.2 การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการอุ้มน้ำในผลิตภัณฑ์เยลลี่	30
4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่	37
ข.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากผงบุกกลูโคแมนแนน	50
ฉ.1 ผลการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก	56
ฉ.2 ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่ไม่เติมน้ำผลไม้	57
ฉ.3 ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่เติมน้ำผลไม้	57
ฉ.4 ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่ไม่เติมน้ำผลไม้	57
ฉ.5 ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่เติมน้ำผลไม้	58
ฉ.6 ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มสีในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่ไม่เติมน้ำผลไม้	58
ฉ.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มสีในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่เติมน้ำผลไม้	58
ฉ.8 ค่าความแตกต่างของสีระหว่างในผลิตภัณฑ์เยลลี่	59
ฉ.9 อัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติก	59
ฉ.10 ร้อยละอัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติก	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 เชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus* 6

2.2 เชื้อแบคทีเรีย *Bifidobacterium* 6

2.3 โครงสร้างกลูโคแมนแนน 14

4.1 ค่าการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก (Probiotic bacteria) (A) เปรียบเทียบกับแบคทีเรียในลำไส้ (Enteric bacteria) (B) 23

4.2 ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH) และผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งแปรผันปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนนที่ระดับ 0.5 0.75 และ 1% w/v ที่ผ่านและไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ 25

4.3 ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกพร้อมดื่ม (A) กับสารให้ความข้นหนืดทางการค้า(CMC) (B) แปรผันปริมาณความเข้มข้นที่ระดับ 0.5 0.75 และ 1% w/v 26

4.4 ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกเสริมน้ำผลไม้ ซึ่งแปรผันปริมาณความเข้มข้นที่ระดับ 0.5 0.75 และ 1% w/v 27

4.5 ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกเสริมน้ำผลไม้ (A) เปรียบเทียบกับสารให้ความข้นหนืดทางการค้า (CMC) ที่เติมน้ำผลไม้ (B) ซึ่งแปรผันปริมาณความเข้มข้นที่ระดับ 0.5 0.75 และ 1% w/v 28

4.6 ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มไม่เติมน้ำผลไม้ที่ไม่ผ่านการพาสเจอไรส์ (A) และผ่านการพาสเจอไรส์ (B) 31

4.7 ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเติมน้ำผลไม้ที่ไม่ผ่านการพาสเจอไรส์ (A) และผ่านพาสเจอไรส์ (B) 32

4.8 ค่าดัชนีความขาว (White Index) 33

4.9 ค่าความเข้มสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกกลูโคแมนแนนพร้อมดื่มที่เสริมน้ำฝรั่งชมพู 34

4.10 ลักษณะของสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกกลูโคแมนแนนพร้อมดื่มที่ไม่ผสมน้ำผลไม้ (A) เยลลี่บุกผสมน้ำผลไม้ก่อนการพาสเจอไรส์ (B) และเยลลี่บุกผสมน้ำผลไม้หลังการพาสเจอไรส์ (C) 35

4.11 ค่าความแตกต่างสีของผงบุกกลูโคแมนแนนที่ผสมกับน้ำฝรั่งชมพู (Color difference, ΔE) 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.12 อัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ *Lactobacillus paracasei* LYO-150 ในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 14 วัน 39

4.13 ร้อยละการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติก *Lactobacillus paracasei* LYO-150 กับ GOS ในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 14 วัน 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเป็นที่ตระหนักกันดีถึงความสัมพันธ์ของจุลินทรีย์โพรไบโอติกกับสุขภาพทางเดินอาหารและโรคหรือภาวะต่างๆที่เกี่ยวเนื่อง รวมทั้งความสำคัญของการบริโภคสารพรีไบโอติกที่เป็นซับสเตรตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เหล่านั้น แนวคิดของซินไบโอติก (synbiotics) เป็นการรวมกันระหว่างพรีไบโอติกและโพรไบโอติก โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อกระตุ้นการเจริญหรือแอกทิวิตีของโพรไบโอติกที่มีอยู่แล้วในลำไส้ใหญ่โดยใช้คาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมร่วมกับการใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติก โดยคาร์โบไฮเดรตที่เป็นพรีไบโอติกอาจช่วยปกป้องจุลินทรีย์โพรไบโอติกในระหว่างการเคลื่อนลงสู่ทางเดินอาหารด้วย และอาจก่อให้เกิดการเสริมฤทธิ์กันในร่างกายของผู้ที่รับประทานเข้าไป อีกทั้งช่วยส่งเสริมให้เกิดคุณประโยชน์ต่อร่างกายได้อย่างเต็มที่และทำให้สุขภาพผู้บริโภคดีขึ้น อาทิเช่น เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก Lactobacillus plantarum ร่วมกับ oligofructose ซึ่งเป็นพรีไบโอติกในการนำมาทำเป็นอาหารเสริมสุขภาพ (functional food) ซึ่งเป็นอาหารที่มีผลต่อการทำหน้าที่ต่างๆในร่างกายและส่งผลดีต่อสุขภาพ โดยมีบทบาทในการลดความเสี่ยงและอัตราในการเกิดโรค โดยสามารถพบได้ในอาหารทั่วไป นอกจากนี้ในหลายๆกรณี ผู้บริโภคอาจจำเป็นต้องได้รับสารเหล่านี้ในรูปแบบอาหารเสริม เนื่องจากไม่สามารถรับประทานอาหารชนิดนั้นๆได้ เช่น ผู้บริโภคที่แพ้นมวัว ส่งผลให้ไม่สามารถรับประทานนมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ตได้ เป็นต้น (อุทัย, 2549) โดยเฉพาะผู้สูงอายุที่มีการเปลี่ยนแปลงในการกลืนอาหารซึ่งเป็นปัญหาในเรื่องสุขภาพช่องปาก ได้แก่ โรคเหงือก การใส่ฟันปลอม หรือการสูญเสียฟันและไม่ได้ใส่ฟันทดแทน ซึ่งจะทำให้มีปัญหาในการบดเคี้ยวอาหารและการกลืนอาหาร โดยกลุ่มคอลลอยด์จากธรรมชาติ (naturally occurring hydrocolloid) หลายชนิดมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นเจลบริโภคได้ ผงบุกเป็นเส้นใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และดูดน้ำได้ถึง 100 เท่า มีคุณสมบัติเป็นซูโดพลาสติก (pseudoplastic) โดยผงบุกมีคุณสมบัติหลายอย่าง เช่น เป็นสารให้ความข้นหนืดสามารถเกิดเจลได้ หรือใช้เป็นสารคงตัว (stabilizer) หรือสารอิมัลซิไฟเออร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการเลือกใช้และลักษณะของผลิตภัณฑ์ เมื่อละลายผงบุกในน้ำจะเกิดเจลที่เสถียรทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น รวมทั้งมีความคงตัวในระบบที่เป็นกรดและด่าง อีกทั้งมีความคงตัวสูงแม้นำไปต้มให้เดือดเป็นเวลาหลายชั่วโมง เจลจากผงบุกมีลักษณะอ่อน (suppleness) และมีลักษณะโปร่งแสง นอกจากนี้ผงบุกยังมีคุณสมบัติเป็นใยอาหารที่ดี ดังนั้นผงบุกจึงมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นเจลที่สามารถบริโภคได้และเหมาะที่จะใช้พัฒนาสำหรับอุตสาหกรรมอาหารต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการนำผงบุกมาพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติก เพื่อช่วยเพิ่มการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติกและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังสามารถเป็นผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหาร มีความเป็นเจล ป้องกันปัญหาการกลืนในผู้สูงอายุ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวและมีคุณสมบัติเป็นซินไบโอติกช่วยส่งเสริมในด้านสุขภาพของผู้บริโภคได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างแนวความคิดผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากผงบุกกลูโคแมนแนนที่มีสมบัติซินไบโอติกสำหรับผู้บริโภคสูงอายุ

1.2.2 เพื่อศึกษาสัดส่วนของผงบุกกลูโคแมนแนนและพรีไบโอติกที่เหมาะสมในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่มีสมบัติซินไบโอติก

1.2.3 เพื่อทดสอบอายุการเก็บรักษาและการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่มีสมบัติเป็นซินไบโอติกที่ได้พัฒนาขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาและทดสอบความสามารถในการใช้พรีไบโอติกจากบุกของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก

1.3.2 ศึกษาและวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มซินไบโอติกและปริมาณโพรไบโอติกที่รอดชีวิต

1.3.3 ศึกษากระบวนการและสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่พร้อมดื่มจากผงบุกกลูโคแมนแนนที่มีสมบัติซินไบโอติก

1.3.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของเยลลี่พร้อมดื่มจากผงบุกกลูโคแมนแนนที่มีสมบัติซินไบโอติก

1.3.5 การประเมินการยอมรับของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มซินไบโอติกต่อผู้สูงอายุ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบผลการทดสอบความสามารถของจุลินทรีย์โพรไบโอติกในการใช้พรีไบโอติกจากแหล่งต่างๆกัน

1.4.2 ทราบกระบวนการผลิตและสูตรที่เหมาะสมของการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากผงบุกกลูโคแมนแนนที่มีสมบัติซินไบโอติก เพื่อส่งเสริมในด้านสุขภาพของผู้บริโภค

1.4.3 ทราบผลของคุณสมบัติของผงบุกกลูโคแมนแนนในการทำให้เกิดเจลและความคงตัวของผงบุกกลูโคแมนแนนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม

1.4.4 ทราบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากผงบุกกลูโคแมนแนนที่มีสมบัติซินไบโอติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โพรไบโอติก (Probiotics)

โพรไบโอติก (Probiotic) หมายถึง กลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งพบได้ในบริเวณลำไส้ และรวมถึงจุลินทรีย์ที่เตรียมขึ้นเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหารในรูปที่มีชีวิต อาหารประเภทโพรไบโอติกโดยทั่วไปมีส่วนผสมของจุลินทรีย์หนึ่งชนิดหรือมากกว่าก็ได้ ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้ต้องได้รับการศึกษาและตรวจสอบอย่างแน่ชัดแล้วว่าไม่มีผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค และเมื่อมนุษย์บริโภคเข้าไปแล้วจะเป็นตัวช่วยควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่ร่างกายไม่ต้องการให้อยู่ในปริมาณที่ไม่ก่อให้เกิดโรค หรือก่อให้เกิดปัญหาต่างๆให้แก่ร่างกายได้ โดยคุณสมบัติของแบคทีเรียโพรไบโอติก คือ มีความสามารถในการปกป้องร่างกายไม่ให้ได้รับอันตรายจากเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค และสามารถผลิตเอนไซม์มาย่อยสารอาหารบางประเภทที่ระบบการย่อยในร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ให้เป็นสารที่มีประโยชน์และร่างกายดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งมีการศึกษาและพบว่าจุลินทรีย์โพรไบโอติกทั้งที่มีชีวิตและที่ตายแล้ว จะสามารถเกาะจับที่ผิวของเซลล์เยื่อบุลำไส้ได้ เชื้อที่เกาะจับที่ผิวเซลล์นี้จะปล่อยสารออกมากระตุ้นเซลล์เยื่อบุ ซึ่งมีผลต่อการทำหน้าที่ของเซลล์ได้ เช่น สารจำพวก Lipopolysaccharides (LPS) จะกระตุ้นการทำงานของเซลล์เยื่อบุในการสร้างเยื่อเมือก กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน กระตุ้นการตอบสนองต่อวัคซีนและต่อการติดเชื้อโรค เชื้อโรค Lactic Acid Bacteria (LAB) บางสายพันธุ์ช่วยปิดช่องว่างระหว่างเซลล์ เป็นการป้องกันไม่ให้โปรตีนบางชนิดผ่านเข้าไปในเยื่อบุลำไส้ ช่วยกระตุ้นเยื่อบุลำไส้ให้เจริญเติบโตและช่วยรักษาการอักเสบต่างๆ ซึ่งโพรไบโอติกจะมีผลในด้านการทำงานของทางเดินอาหารที่ผิดปกติ เช่น การเกิดโรคอุจจาระร่วงและช่วยให้มีระบบภูมิคุ้มกันที่ดี รวมทั้งช่วยรักษาอาการของโรคภูมิแพ้ทั้งในเด็ก ผู้ใหญ่ รวมทั้งในผู้สูงอายุด้วย โดยกลุ่มจีนัสของโพรไบโอติกที่ได้รับการยอมรับว่ามีความสามารถในการใช้พรีไบโอติกได้สูงและส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากที่สุด คือ *lactobacilli bifidobacteria* อย่างไรก็ตาม โพรไบโอติกมีข้อจำกัดในการรอดชีวิต เช่น สภาวะแวดล้อม ความเป็นกรดในระบบทางเดินอาหารและการเก็บรักษา

โพรไบโอติก (probiotics) เป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตซึ่งเมื่อบริโภคในปริมาณที่เพียงพอในฐานะส่วนหนึ่งของอาหารจะทำให้เกิดผลดีเชิงสุขภาพบนโฮสต์ (FAO/WHO, 2001) ด้วยสมบัตินี้ทำให้โพรไบโอติกได้รับความสนใจและนำมาเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมปัง (Soukoulis et al., 2014) บิสกิต (Reid et al., 2007) น้ำผักผลไม้ (Pimentel et al., 2015) ช็อกโกแลต (Yonejima et al., 2015) เป็นต้น โดยคุณสมบัติแบคทีเรียที่เป็นโพรไบโอติกจะช่วยปกป้องร่างกายไม่ให้ได้รับอันตรายจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ก่อโรคซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษ เช่น Clostridium (Gibson, 1995) และยังสามารถผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสารอาหารประเภทที่ระบบในร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ให้เป็นสารที่มีประโยชน์แล้วร่างกายสามารถดูดซึมนำไปใช้ได้ ซึ่งแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติ สามารถปรับสภาพของระบบทางเดินอาหารให้อยู่ในสภาพที่แบคทีเรียชนิดก่อโรคเจริญได้ยากโดยจะสร้างกรดแลกติกรวมทั้งมีคุณสมบัติทนกรดในกระเพาะอาหารได้ดี (Kontula et al., 2008) มีความสามารถในการแข่งขันกับจุลินทรีย์ชนิดก่อโรคในการยึดเกาะกับผนังลำไส้ซึ่งจะมีการบีบตัวให้เคลื่อนที่ในลักษณะลูกคลื่น (peristalsis) การที่แบคทีเรียโพรไบโอติกเกาะและเคลือบที่ผนังทางเดินอาหารจะช่วยในการ colonization ของแบคทีเรียโพรไบโอติกได้ดีขึ้น รวมทั้งช่วยในการดูดซึม และการย่อยอาหารให้ปั่นไปอย่างปกติ และสามารถสร้างสารต่างๆ เช่น กรดอินทรีย์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เพื่อยับยั้งจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อโรคไม่ให้มีการเพิ่มจำนวนที่มากเกินไป (Fuller, 2013) โดยโพรไบโอติกที่มีชีวิตซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพของเจ้าบ้านโดยจะปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ดีขึ้น ลดการสร้างสารพิษ และส่งเสริมการสร้างภูมิคุ้มกัน (Gibson และ Roberfroid, 1995) โดยกลุ่มจีนัสโพรไบโอติกที่ได้รับการยอมรับกันว่ามีความสามารถในการใช้พรีไบโอติกสูงและส่งผลดีต่อสุขภาพผู้บริโภคมากที่สุด คือ bifidobacteria และ lactobacilli (Bielecka et al., 2002) โดย International Dairy Federation (IDF) ระบุว่าผลิตภัณฑ์อาหารต้องมีโพรไบโอติกอย่างน้อย 107colony-forming units ต่ออาหารหนึ่งกรัม (CFU/g) (IDF, 1999) ปริมาณขั้นต่ำที่แนะนำต่อวัน ไม่น้อยกว่า 106 CFU/g (Ashraf and Shah, 2011) เพื่อให้มั่นใจว่าหลังบริโภคแล้วแบคทีเรียยังคงหลงเหลืออยู่มีปริมาณเพียงพอที่จะทำหน้าที่ในร่างกายได้ อย่างไรก็ตาม โพรไบโอติกมีข้อจำกัดของการรอดชีวิต เช่น สภาวะของสิ่งแวดล้อม การเก็บรักษา ความเป็นกรดในระบบทางเดินอาหาร

2.1.1 กลไกการทำงานของโพรไบโอติก

จุลินทรีย์โพรไบโอติกจะมีกลไกการทำงานในการต่อต้านการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคดังนี้

- แย่งที่ยึดเกาะกับจุลินทรีย์ใหม่บนผนังลำไส้เล็ก โดยปกติแล้วโพรไบโอติกจะเป็นจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารโดยธรรมชาติอยู่แล้วซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีความสามารถในการต่อต้านการเกาะของจุลินทรีย์ใหม่บนผนังลำไส้โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ก่อโรคโดยกระบวนการที่เรียกว่า Competitive Exclusion หรือ Colonization Resistance นอกจากนั้นยังมีการผลิตสารที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ที่เข้าไปใหม่ เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์
- แย่งอาหารกับจุลินทรีย์ชนิดใหม่ โดยจุลินทรีย์โพรไบโอติกจะแย่งอาหารในบริเวณที่เกาะตั้งถิ่นฐานไม่ให้เหลือพอสำหรับจุลินทรีย์ชนิดใหม่ ทำให้เกิดการเสียสมดุลขององค์ประกอบต่างๆภายในเซลล์ เช่น ไนซินที่สร้างจาก *Lactococcus Lactis*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● ผลิตสารต้านการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์อื่น โดยโพรไบโอติกจะผลิตสารแบคเทอริโอซิน (bacteriocin) ซึ่ง เป็นสายเปปไทด์ขนาดเล็ก มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย แกรมบวกบางชนิดที่ก่อให้เกิดโรคและทำให้อาหารบูดเสีย เช่น *Bacillus Cereus*, *Clostridium Botulinum*, *Listeria Monocytogenes* และ *Staphylococcus Aureus* ซึ่งแบคเทอริโอซิน ทำให้เกิดรูบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์เป้าหมายทำให้เกิดการเสียสมดุลขององค์ประกอบ ต่าง ๆ ภายในเซลล์ เช่น ไนซินที่สร้างจาก *Lactococcus lactis*

2.1.2 คุณลักษณะที่ดีของโพรไบโอติก

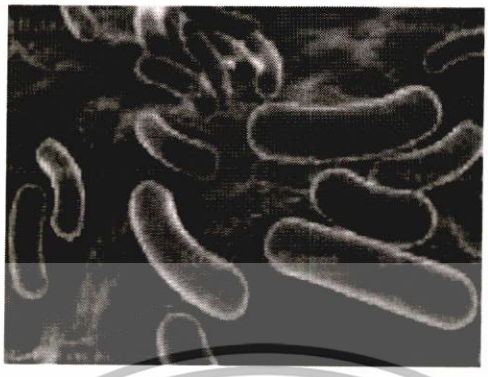
1. เป็นจุลินทรีย์สายพันธุ์เดียวกับที่มีอยู่ในลำไส้มนุษย์
2. ทนต่อน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้
3. สามารถแบ่งตัวเจริญเติบโตทำหน้าที่ได้เมื่อนำมาผสมกับอาหาร
4. มีชีวิตระยะหนึ่งหลังจากการเก็บรักษา โดยจุลินทรีย์ที่นำมาใช้เป็นโพรไบโอติกได้แก่ จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลกติกได้ เรียกว่า แลกติกแอซิดแบคทีเรีย (Lactic Acid Bacteria: LAB) เช่น แบคทีเรียสกุลแลกโตบาซิลัส และ บิฟิโดแบคทีเรียม ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ 2 ชนิด ที่นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะอาหารหมักที่เป็นที่รู้จักอย่างโยเกิร์ต รวมถึงผลิตภัณฑ์นม เนย และผลิตภัณฑ์เสริมอาหารแบบต่าง ๆ(เอกลักษณ์, 2552)

2.1.3 ตัวอย่างของแบคทีเรียโพรไบโอติก

2.1.3.1 แบคทีเรียแลกโตบาซิลัส (lactobacillus)

เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างสปอร์ มีรูปร่างเป็นท่อนหรือกลมกระจายเป็นเซลล์เดี่ยว หรือต่อกันเป็นสาย สามารถเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสให้เป็นกรดแลกติกได้สูงนำมาใช้ประโยชน์ในการหมักอาหารบางชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์นมที่ผ่านการหมัก โยเกิร์ต เนย เป็นต้น พบทั่วไปในสิ่งแวดล้อมและในระบบทางเดินอาหาร (เอกลักษณ์, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 เชื้อแบคทีเรีย Lactobacillus

(ที่มา: http://wikigreenfrost.pbwiki.com)

2.1.3.2 แบคทีเรียบิฟิโดแบคทีเรียม (bifidobacterium)

เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก รูปร่างเป็นท่อน เจริญในสภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic) ไม่เคลื่อนที่และไม่สร้างสปอร์ แยกได้ครั้งแรกเมื่อกว่า 100 ปีที่แล้วจากอุจจาระของมนุษย์ โดยเป็นแบคทีเรียที่พบในลำไส้ใหญ่ของทารกอายุ 7 วันขึ้นไปและได้ดื่มนมแม่โดยมีอยู่หลายสายพันธุ์ที่นำไปใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมัก ได้แก่ *B. bifidum*, *B. longum*, *B. infantis* และ *B. breve* สายพันธุ์ที่มีมากที่สุดในร่างกายคือ *B. infantis* ซึ่งพบมากประมาณ 99% และพบว่าทารกที่ดื่มน้ำนมแม่จะมีบิฟิโดแบคทีเรียมมากกว่าทารกที่ดื่มนมขวด โดยพบเชื้อบิฟิโดแบคทีเรียมประมาณ 95% ของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในร่างกาย และจะมีปริมาณลดลงเหลือ 25% เมื่อโตเป็นผู้ใหญ่ (เอกลักษณ์, 2552)

ภาพที่ 2.2 เชื้อแบคทีเรีย Bifidobacterium

(ที่มา: http://microbewiki.kenyon.edu)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ประโยชน์ของโพรไบโอติก

1. เพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายและลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคโดยปรับสภาวะภายในลำไส้ให้มีความเป็นกรดมากขึ้นจากการผลิตกรดแลกติกออกมารวมถึงการปล่อยสารยับยั้งการเจริญเติบโตจำพวกแบคเทอริโอซิน

2. ช่วยให้การย่อยอาหารสมบูรณ์ เพิ่มมวลอุจจาระและลดปัญหาในระบบทางเดินอาหาร เช่น ท้องผูก ท้องเสีย ลำไส้อักเสบ โดยการสร้างสารเคมีออกมากำจัดแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค

3. ลดการสร้างสารพิษในจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เช่น อินโดล แอมโมเนีย เอมีน เป็นต้น และลดการดูดซึมสารพิษเหล่านี้เข้าสู่ร่างกาย

4. ส่งเสริมการสร้างภูมิต้านทานตามธรรมชาติและช่วยให้เม็ดเลือดขาวทำงานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5. ช่วยในการย่อยและดูดซึมสารอาหารรวมถึงการสังเคราะห์วิตามินและสารอาหารบางชนิด เช่น ในโยเกิร์ตพบกรดโฟลิกไนอาซิน (วิตามินบี 3) และไรโบเฟลวิน ส่วนในเนยมักพบวิตามินบี 12 วิตามินบี 6 และกรดแพนโททีนิก

6. ยับยั้งการสร้างสารก่อมะเร็งและต่อต้านการเกิดมะเร็ง โดยพบว่าเชื้อ *Lactobacillus Bulgaricus* ซึ่งสามารถสังเคราะห์สารปฏิชีวนะได้ สายพันธุ์นี้มีชื่อย่อว่า LB-51 ซึ่งเป็นสารมีฤทธิ์ป้องกันมะเร็ง นอกจากนี้แลกโตบาซิลลัสบางสายพันธุ์สามารถทำลายไนโตรซามีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้

7. ช่วยลดคลอเลสเตอรอลในเลือด พบว่าในน้ำนมมักมีสารไฮดรอกซีเมทิลกลูตาเมทซึ่งช่วยยับยั้งเอ็นไซม์ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์คลอเลสเตอรอล

8. ช่วยให้ผู้ที่มีอาการแพ้นมสามารถรับประทานนมได้ เนื่องจากในน้ำนมมีน้ำตาลแลกโตส ซึ่งบางคนไม่สามารถย่อยได้เนื่องจากขาดเอ็นไซม์แลกเตส โดยแลกติกแอซิดแบคทีเรียจะผลิตเอนไซม์ชื่อ เบตา-กาแลกโตซิเดส ทำหน้าที่ไฮโดรไลซ์ แลกโตสให้เป็นกลูโคสและกาแลกโตสจากนั้นจึงนำกลูโคสมาใช้ผลิตกรดแลกติก

9. ช่วยย่อยสลายและหมักสารอาหารหรือเนื้อเยื่อของลำไส้แล้วสังเคราะห์เป็นกรดไขมันสายสั้น (Short Chain Fatty Acid: SCFA) ที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด เช่น

- กรดบิวทิริก ช่วยในการซ่อมแซมผนังลำไส้และกำจัดสิ่งแปลกปลอมเป็นพลังงานให้เซลล์เยื่อบุผิวลำไส้รวมถึงลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งลำไส้
- กรดโพรพิโอนิก เป็นพลังงานให้เซลล์ตับควบคุมการบีบตัวของลำไส้ใหญ่
- กรดแอซิติก ช่วยเพิ่มการดูดซึมแร่ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมลดความเสี่ยงของภาวะกระดูกพรุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันมีการนำจุลินทรีย์ที่เป็นโพรไบโอติกมาใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในรูป Functional Food ซึ่งเป็นอาหารที่ทำหน้าที่อื่นให้กับร่างกายนอกเหนือไปจากหน้าที่ปกติจึงมีการกำหนดคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเหล่านี้ ดังต่อไปนี้

- สามารถคงสภาพการมีชีวิตของจุลินทรีย์ให้กลิ่นและรสชาติดีหลังการหมัก
- คงสภาพเป็นกรดอ่อน ๆ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาซึ่งต้องมีการจัดเก็บเป็นอย่างดีและมีคุณลักษณะเดิมแม้ผ่านการแช่แข็งหรือการทำให้แห้ง
- ให้ผลลัพธ์ตอบสนองตามการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติก

ซึ่งการรับประทานผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกนั้นควรรับประทานก่อนอาหารและตามด้วยน้ำ เนื่องจากถ้ารับประทานพร้อมกับอาหารกรดในกระเพาะอาหารจะย่อยจุลินทรีย์เหล่านี้เราจึงต้องให้เวลาให้จุลินทรีย์เคลื่อนผ่านไปยังลำไส้ก่อนแล้วเจริญเติบโตอยู่บริเวณนั้นทำให้ได้รับคุณค่าจากผลิตภัณฑ์เสริมอาหารอย่างเต็มที่ (เอกลักษณ์, 2552)

อย่างไรก็ตามการรับประทานเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกเข้าไปนั้นไม่ได้เป็นการรับประกันว่าเชื้อจุลินทรีย์เหล่านั้นสามารถเจริญในลำไส้ได้โดยเฉพาะในลำไส้ใหญ่ เนื่องจากอาหารที่รับประทานเข้าไปนั้น ส่วนใหญ่จะถูกย่อยและดูดซึมบริเวณกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก ส่วนบริเวณลำไส้ใหญ่จะมีการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุเท่านั้น ดังนั้น จุลินทรีย์บริเวณลำไส้ใหญ่จึงขาดอาหารและไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ดังนั้นจึงมีอาหารซึ่งเป็นใยอาหารที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ที่สามารถส่งผ่านไปเป็นอาหารแก่เชื้อจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ได้ ซึ่งเรียกว่า พรีไบโอติก (เอกลักษณ์, 2552)

2.1.5 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง การใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในอาหาร

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับประกาศที่ 346 พ.ศ. 2555 ได้กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขการใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกให้เป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสม และปลอดภัยต่อการบริโภค มีการกำหนดให้อาหารที่มีจุลินทรีย์โพรไบโอติกต้องได้รับอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และมีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ยังมีชีวิตอยู่คงเหลืออยู่ไม่น้อยกว่า 10^6 CFU ต่ออาหาร 1 กรัม ตลอดอายุการเก็บรักษาของอาหารนั้น โดยคุณสมบัติการเป็นจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่สำคัญ ดังนี้

- การทนต่อสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร (resistance to gastric acidity)
- การทนต่อสภาวะของเกลือน้ำดี (bile salt resistance)
- ความสามารถในการเกาะติดกับเยื่อมูก หรือเซลล์เยื่อบุผิวของมนุษย์ หรือเซลล์ไลน์ (adherence to mucus and/or human epithelial cells and cell line)
- ฤทธิ์ของเอนไซม์ไฮโดรเลสในการย่อยเกลือน้ำดี (bile salt hydrolase activity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีการประเมินความปลอดภัยของจุลินทรีย์โพรไบโอติกต่อมนุษย์ โดยการทดสอบนอกกาย (in vitro) หรือในสัตว์ (in vivo) และการศึกษาในมนุษย์ เพื่อประเมินความปลอดภัยและปฏิกิริยาของร่างกายต่อจุลินทรีย์โพรไบโอติก ดังนี้ การดื้อต่อสารปฏิชีวนะ, การประเมินฤทธิ์ทางเมแทบอลิก เช่น การผลิตดี-แลกเทต (D-Lactate) หรือการสลายเกลือน้ำดี, การประเมินผลข้างเคียงระหว่างการศึกษาในมนุษย์, การเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาของอุบัติการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ในผู้บริโภคหลังออกจำหน่ายในท้องตลาด, การสร้างสารพิษ เป็นต้น โดยบัญชีรายชื่อเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นจุลินทรีย์โพรไบโอติกสำหรับใช้ในอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง การใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในอาหาร มีทั้งหมด 23 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus coagulans, Bifidibacterium adolescentis, Bifidobacterium animalis, Bifidobacterium bifidum, Bifidobacterium breve, Bifidobacterium infantis, Bifidobacterium lactis, Bifidobacterium longum, Bifidobacterium pseudolongum, Enterococcus durans, Enterococcus faecium, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus crispatus, Lactobacillus gasseri, Lactobacillus johnsonii, Lactobacillus paracasei, Lactobacillus reuteri, Lactobacillus rhamnosus, Lactobacillus salivarius, Lactobacillus zeae, Propionibacterium arabinosum, Staphylococcus sciuri* และ *Saccharomyces cerevisiae* subsp. *Boulardi*

2.2 พรีไบโอติก (Prebiotics)

พรีไบโอติก (Prebiotics) คือสารอาหารของโพรไบโอติก พรีไบโอติกเป็นใยอาหารที่มนุษย์ย่อยนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้แต่จุลินทรีย์ประจำถิ่นในลำไส้ใหญ่สามารถใช้ประโยชน์ได้ อาหารกลุ่มนี้มักเป็นคาร์โบไฮเดรตสายสั้นหรือโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Oligosaccharides) ที่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โอลิโกแซ็กคาไรด์ไม่ถูกย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็กจึงเข้าสู่ลำไส้ใหญ่แล้วเกิดการกระตุ้นการเจริญเติบโตหรือการทำหน้าที่ของแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ โดยจะเป็นอาหารจำเพาะของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ เช่น *Bifidobacteria* และ *Lactobacilli* ทำให้ลำไส้เกิดความสมดุลและยังช่วยเพิ่มการนำสารอาหารไปใช้ อาหารตามธรรมชาติที่มี พรีไบโอติกมากได้แก่ ข้าวสาลี กระเทียม กล้วย ต้นหอม น้ำผึ้ง หน่อไม้ฝรั่ง และรากชิโครี โดยพรีไบโอติกที่มีการใช้มากที่สุดคือ Fructo-Oligosaccharide; FOS และ Inulin นอกจากเป็นแหล่งอาหารของโพรไบโอติกแล้วโดยตัวของพรีไบโอติกเองยังมีประโยชน์อีกหลายด้าน เช่น ช่วยลดสารพิษหลายชนิดที่อาจสะสมตามผนังลำไส้และช่วยกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิต้านทาน เป็นต้น (อุทัย, 2549)

พรีไบโอติก (prebiotic) คือ อาหารที่มนุษย์รับประทานเข้าไปแล้วถูกล้าเลียงผ่านมาที่ล้าไส้ส่วนล่างโดยไม่ถูกย่อยหรือถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหารส่วนต้น Fooks และคณะ (2009) และจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียโพรไบโอติกในล้าไส้ใหญ่ จึงก่อให้เกิดสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกาย ซึ่งจะมีผลในการกระตุ้นการเติบโตของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในล้าไส้ของมนุษย์และสัตว์ แล้วเกิดประโยชน์ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุขภาพร่างกายของสิ่งมีชีวิตต่างๆ เมื่อจุลินทรีย์โพรไบโอติกในล้าไส้ใหญ่น้าสารพรีไบโอติกไปใช้จะให้พลังงานและสารบางชนิด เช่น กรดไขมันชนิดสายสั้น (short-chain fatty acids) และกรดแลกติกซึ่งผลจากกระบวนการหมักนี้จะท้าให้เกิดการกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มจ้านวนของกลุ่มจุลินทรีย์สุขภาพ และสภาวะความเป็นกรดที่เกิดขึ้นจากกรดแลกติกที่ผลิตจากจุลินทรีย์จะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียในล้าไส้ที่ก่อให้เกิดโรค เช่น *Clostridium perfringens*, *Esherichia coli* และ *Salmonella* spp. เป็นต้น (Gibson, 2015) นอกจากนี้ยังช่วยรักษาสมดุลน้ำและเกลือแร่ในร่างกาย ลดอาการท้องผูก และช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียมแมกนีเซียม เหล็ก และสังกะสีอีกด้วย (Bengmark, 2015) พรีไบโอติกส่วนใหญ่จะเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนสายสั้นๆ ซึ่งเป็นอาหารให้แก่จุลินทรีย์ที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งองค์ประกอบในอาหารที่จัดเป็นพรีไบติก ได้แก่ อินนูลิน (inulin) ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ (xylooligosaccharide) ฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (fructooligosaccharide) กาแลคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (galactooligosaccharide) ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Iaconelli et al., 2015) ในปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ โดยการเติมสารที่เป็นพรีไบโอติกลงในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ เพื่อเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภคในการดูแลสุขภาพร่างกาย และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อีกด้วย และเป็นการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ นักวิจัยให้ความสนใจส้าหรับสารที่เป็นพรีไบโอติกที่เพิ่มลงไปในส่วนของอาหารและเครื่องดื่มที่บริโภค

Fructo-Oligosaccharide: FOS and Inulin ใยอาหารทั้ง 2 ชนิดนี้ ถือว่ามีขนาดค่อนข้างเล็กและละลายน้ำได้ดี ซึ่งใยอาหารทั้ง 2 มีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดโมเลกุล

⊙ Inulin มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เป็นสารโพลิแซ็กคาไรด์ที่พืชสะสมเป็นอาหาร โดยประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลฟรุกโตสต่อกันยาวตั้งแต่ 3-60 โมเลกุล และมีน้ำตาลกลูโคสอยู่ที่ปลายสุด โดยประมาณ 70% ของอินูลินจะเป็นโพลิเมอร์ที่มีน้ำตาลมากกว่า 10 โมเลกุลต่อกัน พบในพืชมากกว่า 36,000 ชนิด เช่น รากชิโครี เห็ด หัวหอม กระเทียม กล้วย

⊙ Fructo-Oligosaccharide: FOS มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าอินูลินจัดเป็นสารจำพวก Resistant Oligosaccharides (non-digestible oligosaccharides) คือไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ได้ แต่ถูกย่อยโดยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ มีหน้าตาโครงสร้างคล้ายคลึงกับอินนูลิน แต่จะมีน้ำตาลขนาดยาวไม่เกิน 10 โมเลกุลต่อกัน พบมากในข้าวสาลี ข้าวไรย์ หัวหอม อาร์ติโชกหรือ แก่นตะวัน กล้วย ถั่วเหลือง โกโบ้ และพืชประเภทพืชหัว โดยมีความหวานประมาณ 30% ของ น้ำตาลทราย (เอกลักษณ์, 2552)

ในการทดลองโดยให้มีการรับประทานอินูลินและโอลิโกฟรุกโตส 5-20 กรัมต่อวัน เป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียชนิด Lactobacillus และ Bifidobacterium ในลำไส้ได้ แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่มีการรับประทานอินนูลินและโอลิโกฟรุกโตสในปริมาณที่มากกว่า 30 กรัมต่อวัน จะมีอาการท้องอืด มีแก๊สในกระเพาะอาหารมาก แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของอินนูลินและโอลิโกฟรุกโตสในการรับประทานนั้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาวะของแต่ละบุคคล (เอกลักษณ์, 2552)

2.2.1 ประโยชน์ของพรีไบโอติก

1. ช่วยกระตุ้นการเจริญของอินนูลินและโอลิโกฟรุกโตสโดยเฉพาะ Bifidobacterium ช่วยป้องกันการติดเชื้อในลำไส้และป้องกันอาการท้องเสียที่เกิดจากการติดเชื้อ
2. ช่วยควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคในร่างกาย
3. ช่วยลดสารพิษหลายชนิดที่อาจสะสมตามผนังลำไส้
4. ช่วยกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิต้านทาน
5. ส่งเสริมการดูดซึมแร่ธาตุโดยเฉพาะแคลเซียมและแมกนีเซียม อาจช่วยป้องกันโรคกระดูกพรุนได้
6. ลดการดูดซึมคลอเลสเตอรอลที่มากับอาหารและที่ขับออกมาในรูปน้ำดี
7. ป้องกันมะเร็งลำไส้
8. ลดน้ำตาลในเลือดโดยการกระตุ้นฮอร์โมนอินเครทิน (incretin) ที่ลำไส้

2.2.2 การนำพรีไบโอติกไปใช้ในอุตสาหกรรม

ยกตัวอย่าง เช่น อินูลินและโอลิโกฟรุกโตสสามารถละลายน้ำได้มีความคงตัวที่อุณหภูมิสูงไม่มีผลข้างเคียงกับระบบประสาทสัมผัสและรสชาติหวานเล็กน้อย จึงได้มีการนำไปพัฒนาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในรูปแบบต่าง ๆ เช่น

1. ใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันในครีม สลัดครีม มูส เนยแข็งและไอศกรีม
2. ใช้โอลิโกฟรุกโตสเป็นสารทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต เพราะมีรสชาติหวานเล็กน้อย
3. ช่วยเพิ่มใยอาหารในผลิตภัณฑ์นมเครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ
4. ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

จากประโยชน์ที่มีอยู่อย่างมากมายของพรีไบโอติกและโพรไบโอติก จึงมีการนำทั้ง 2 สิ่งนี้มารวมกันเพื่อให้ได้เกิดการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเกิดเป็นอาหารอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งเรียกว่า " ซินไบโอติก" (เอกลักษณ์, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ซินไบโอติก (Synbiotic)

ซินไบโอติก (Synbiotic) หมายถึง สารผสมระหว่างโพรไบโอติกและพรีไบโอติกที่ช่วยให้ผู้บริโภคมีสุขภาพดี โดยการเติมจุลินทรีย์ที่มีชีวิตลงไปเพื่อปรับสมดุลและกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ภายในทางเดินอาหารให้เหมาะสม จุดประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราการอยู่รอดชีวิตของโพรไบโอติกที่ให้ประโยชน์แก่สุขภาพด้วยการเติมพรีไบโอติกลงไป เพื่อให้โพรไบโอติกมีการย่อยสลายในระบบนิเวศน์จุลินทรีย์ที่มีการแข่งขันกัน (เอกลักษณ์, 2552)

โพรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพของเจ้าบ้านโดยจะปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ดีขึ้น ลดการสร้างสารพิษ และส่งเสริมการสร้างภูมิคุ้มกัน (Gibson และ Roberfroid, 1995) อย่างไรก็ตาม โพรไบโอติกมีข้อจำกัดของการรอดชีวิต เช่น สภาวะของสิ่งแวดล้อม การเก็บรักษา ความเป็นกรดในระบบทางเดินอาหาร โดยพรีไบโอติกมีความสามารถช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของโพรไบโอติก ทั้งยังเป็นแหล่งส่งเสริมการเจริญและกิจกรรมของโพรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากสนับสนุนว่าเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพดีกว่าการบริโภคโพรไบโอติกหรือพรีไบโอติกอย่างเดียวในการกระตุ้นและส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันและสุขภาพโดยรวมของผู้บริโภค แต่ความรู้ความเข้าใจในส่วนของซินไบโอติกยังคงขาดแคลนอยู่มาก (Shokrvash et al, 2016) โดยงานวิจัยที่มีการรวมพรีไบโอติกและโพรไบโอติกเข้าด้วยกันนี้เพื่อต้องการเพิ่มหรือเสริมฤทธิ์กัน โดยการเติมพรีไบโอติกลงไปช่วยเพิ่มการอยู่รอดของโพรไบโอติกและเพิ่มอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภคทำให้บริโภคเซลล์ที่มีชีวิตเพิ่มมากขึ้น

2.4 ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่ไม่ผลิตจากนม

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่จำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากนมหรือมีนมเป็นส่วนประกอบ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหากับผู้แพ้นม ส่งผลให้มีอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ท้องเดิน และปวดท้องได้ (ไชยวัฒน์ และ ศศิธร, 2553) ซึ่งปัญหาดังกล่าวพบในผู้บริโภคทั่วโลกถึง 75% โดยพบในยุโรป 5% แอฟริกา 90% และสหรัฐอเมริกา 30% ส่วนสาเหตุของอาการยังไม่ทราบแน่ชัด (Granato และคณะ, 2010) อีกทั้งในนมยังมีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงอีกด้วย ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่เป็นโพรไบโอติกที่ไม่ได้ผลิตจากนมจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความน่าสนใจ

นฤมล (2558) ได้รวบรวมการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่ไม่ได้ผลิตจากนมในรูปของผลิตภัณฑ์หมักต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ผลิตภัณฑ์หมักจากผัก-ผลไม้ จากธัญพืช และจากเนื้อสัตว์ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ผักและผลไม้

เครื่องดื่มจากน้ำผักผลไม้เสริมด้วยจุลินทรีย์โพรไบโอติกและพรีไบโอติกช่วยแก้ปัญหาอาการแพ้นม (Sharma และ Mishra, 2013) แล้วในน้ำผักผลไม้ยังประกอบด้วย วิตามิน แร่ธาตุ เส้นใย สารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังรับประทานง่าย และมีรสชาติถูกใจผู้บริโภคอีกด้วย ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกจากผักและผลไม้ในประเทศต่างๆ ดังต่อไปนี้ บริษัท Valio (1996) ได้พัฒนาเครื่องดื่มผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้โพรไบโอติก Gefilus ซึ่งผลิตจากเชื้อ *L. rhamnosus* GG และ Propionibacterium freudenreichii ซึ่งสามารถเก็บไว้ในตู้เย็น ได้นาน 5 สัปดาห์ นอกจากนี้บริษัท Tine BA ประเทศนอร์เวย์ ได้ผลิตเครื่องดื่มน้ำผลไม้ Biola เป็นน้ำผลไม้โพรไบโอติกที่ประกอบด้วยผลไม้ 95 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีการเติมน้ำตาล และมีหลายรสชาติ ผลิตจากเชื้อ *L. rhamnosus* GG (Prado และ คณะ, 2008) และผลิตภัณฑ์ Hardaliye เป็นเครื่องดื่มกรดแลกติกจากการหมักน้ำองุ่นแดง และมีการเติมเมล็ดมัสตาร์ดบดและกรดเบนโซอิกเพื่อยับยั้งการเจริญของยีสต์ สามารถพบเครื่องดื่มชนิดนี้ได้ในประเทศตุรกี หลังกระบวนการหมักจะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C แบคทีเรียแลกติกที่พบ ได้แก่ *L. paracasei, L. casei, L. brevis, L. pontis, L. acetotolerans, L. sanfransisco* และ *L. vaccinostercus* (Arici และ Coskun, 2001) นอกจากนี้ประเทศเดนมาร์กได้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ Vita Biosa ซึ่งเกิดจากการผสมสมุนไพรที่มีกลิ่นหอมกับพืชชนิดอื่น ไม่มีน้ำตาล ไม่เติมคาร์บอนไดออกไซด์ หมักด้วยแบคทีเรียแลกติกและยีสต์ เครื่องดื่มดังกล่าวพบว่า มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูง จึงทำให้เครื่องดื่มโพรไบโอติกนี้ได้รับความสนใจและให้การยอมรับว่ามีส่วนช่วยในการปรับสมดุลในระบบย่อยอาหารได้ สามารถกำจัดแบคทีเรียก่อโรคและมีส่วนช่วยในการทำงานของแบคทีเรียที่ดีรวมถึงช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้จุลินทรีย์ในลำไส้ได้อีกด้วย (Prado และคณะ, 2008)

2.4.2 ธัญพืช

การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกโดยใช้ธัญพืชเป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมัก เนื่องจากธัญพืชเป็นแหล่งสารอาหารให้กับเชื้อจุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญ ประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน เกลือแร่ และเส้นใย (Vasudha และ Mishra, 2013) นอกจากนี้ยังพบว่าธัญพืชหลายชนิดมีใยอาหารที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกซึ่งเป็นแหล่งอาหารให้กับจุลินทรีย์โพรไบโอติกได้ เช่น ข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลือง พืชหัว อื่นๆ (สิรสา, 2556) จากข้อดีดังกล่าวจึงทำให้มีการผลิตเครื่องดื่มหมักจากธัญพืชในหลายๆประเทศ เช่น เครื่องดื่ม Boza ผลิตจากข้าวสาลี ข้าวไรย์ ข้าวโพด และธัญพืชอื่นๆ ผสมกับน้ำตาล หมักด้วยยีสต์และแบคทีเรียกรดแลกติก

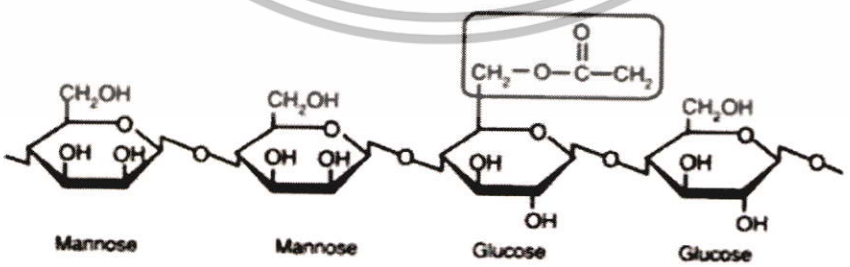
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 เนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์เป็นแหล่งอาหารที่ดีสำหรับเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากมีสารอาหารที่อุดมสมบูรณ์ (Ganzel และคณะ, 1999) ผลิตภัณฑ์จากเนื้อหมัก เช่น แหนม ไส้กรอกเปรี้ยว เป็นต้น ซึ่งจะเกิดการหมัก เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลกติกร่วมกับยีสต์ แบคทีเรียแลกติกที่มีบทบาทในกระบวนการหมัก เช่น *L. casei, L. curvatus, L. pentosus, L. plantarum, L. sakei, Pediococcus acidilactici* และ *P. pentosaceus* โดยกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ (Adam และ Moss, 1995) แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการหมักในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการหมักตามธรรมชาติ ไม่มีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาหมักดังกล่าว มีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกน้อยกว่ามาตรฐาน และอาจมีจุลินทรีย์ก่อโรคปนเปื้อนอยู่ได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถจัดเป็นผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก ซึ่งการที่จะสามารถจัดเป็นผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกได้ควรมีการพิสูจน์แล้วว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกเป็นองค์ประกอบตามที่มาตรฐานกำหนด และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

2.5 คุณสมบัติในการเกิดเจลของกลูโคแมนแนนจากผงบุก

กลูโคแมนแนน (Glucomannan) พบมากในหัวบุก *Amorphophallus konjac* K.Koch ซึ่งเป็นสารประกอบที่เกิดจากการรวมตัวกันของน้ำตาลกลูโคส (glucose) และน้ำตาลแมนโนส (mannose) จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดเฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) ที่มีลักษณะเป็นใยอาหาร (dietary fiber) มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดีมาก น้ำหนักโมเลกุลสูง มีความหนืดมากที่สุดในกลุ่มใยอาหาร และสามารถทำให้เกิดเจลที่คงตัวต่อความร้อนได้ โครงสร้างของกลูโคแมนแนนประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลแมนโนสในอัตราส่วน 3:2 เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า 1,4-ไกลโคซิดิก และมีหมู่ acetyl กระจายอยู่ประมาณ 1 ใน 5 ของน้ำตาลที่เหลือ แสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่2.3 โครงสร้างกลูโคแมนแนน

ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/uploaded/glucomannan.JPG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลูโคแมนแนนจากแป้งบุกมีคุณสมบัติทางกายภาพหลายประการ ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของกลูโคแมนแนน ได้แก่ สารให้ความข้นหนืด สามารถทำให้เกิดเจลได้ หรือสารที่ให้ความคงตัว (stabilizer) หรือสารอิมัลซิไฟเออร์ จึงทำให้มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง คุณสมบัติบางประการของแป้งบุกที่สำคัญ ได้แก่ ความข้นหนืด กลูโคแมนแนนสามารถละลายได้ทั้งน้ำร้อนและน้ำเย็น เมื่อนำมาละลายน้ำ อนุภาคของกลูโคแมนแนนจะดูดซับน้ำแล้วเกิดการพองตัว โดยสามารถดูดน้ำได้ 100-200 เท่า ทำให้สารละลายที่ได้มีความหนืดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะได้สารละลายที่มีความข้นหนืดลักษณะแบบ pseudoplastic และการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานขึ้น การเพิ่มแรงเฉือนก็ส่งผลให้การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นด้วย (จิราภรณ์, 2543) การเกิดเจลของแป้งบุกสามารถทำให้เจลทนต่อความร้อน (Thermal stability) มีความแข็งแรงมาก และมีความคงตัวสูงแม้นำให้ไปความร้อนในน้ำเดือด การให้ความร้อนซ้ำแก่เจลมีส่วนทำให้เจลมีลักษณะที่แข็งแรง และมีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น

2.6 ประโยชน์จากบุกต่อสุขภาพของผู้บริโภค

องค์ประกอบที่สำคัญในผงบุกคือ สารกลูโคแมนแนน ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่เกิดจากการรวมตัวกันของกลูโคสและแมนโนสในอัตราส่วนโมล 1:1.6 หรือ2:3 ด้วยพันธะบีตา-1.4-ไกลโคซิดิก ในประเทศไทยมีรายงานพบพืชสกุลนี้อยู่มากถึง 68 ชนิด กลูโคแมนแนนหรือคอนยักกลูโคแมนแนนจัดเป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำได้ ซึ่งเอนไซม์ในร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้จึงไม่ให้พลังงานแก่ผู้บริโภคแต่ก็มีคุณประโยชน์ในด้านอื่นมากมาย กลูโคแมนแนนมีคุณสมบัติแตกต่างจากพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดอื่น คือ เมื่อละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องจะพองตัวและขยายตัว ได้ 20 ถึง 30 เท่า ทำ ให้สารละลายมีลักษณะเป็นเจลที่มีความหนืดสูง ซึ่งมีประโยชน์ทางด้านโภชนเภสัช เนื่องจากกลูโคแมนแนนไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร จึงเป็นกากเพิ่มปริมาณร่วมอยู่กับอาหารที่ร่างกายย่อยได้ ช่วยป้องกันและบำบัดโรคได้หลายชนิด เช่น โรคไขมันในเลือดสูง โรคเบาหวาน สามารถสลายตัวช่วยในการระบายของเสียและสารพิษตกค้างในระบบการย่อยอาหารออกจากร่างกายได้ดีขึ้น กลูโคแมนแนนที่ได้จากหัวบุกมีประสิทธิภาพในการดูดซึมไขมันและน้ำตาลได้ดีมาก สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมประเภทกลูโคไฟเบอร์ที่สกัดได้จากพืชธรรมชาติเพื่อใช้ควบคุมน้ำหนัก จึงมั่นใจได้ถึงความปลอดภัยที่มีต่อระบบของร่างกาย อีกทั้งช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาลกลูโคสในร่างกาย ลดระดับคอลเลสเทอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดได้ นอกจากนี้กลูโคแมนแนนยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อเตรียมอนุพันธุ์ของกลูโคแมนแนนอื่นได้ เนื่องจากกลูโคแมนแนนนั้นมีคุณสมบัติเป็นสารที่เข้ากันได้ดี ทางชีวภาพ (biocompatibility) และย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegrability) จึงสามารถประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ได้มากมาย อาทิ ทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารและยา อุตสาหกรรมเคมี มีกรณีศึกษาถึงการนำกลูโคแมนแนนมา รักษาโรคกระเพาะ เป็นต้น (สาโรจน์, 2554)

2.7 ความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกของบุก

สารกลูโคแมนแนนที่เป็นสารสำคัญที่พบในบุก มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก คือ เป็นสารที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ไม่ถูกดูดซึมในทางเดินอาหารส่วนบนหรือลำไส้เล็ก และสามารถผ่านไปยังลำไส้ใหญ่ซึ่งเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์เจ้าถิ่น โดยจะส่งเสริมการเจริญเติบโตเฉพาะจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ใหญ่เท่านั้น นอกจากนี้จะต้องไม่ส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค ซึ่งมีผลในการส่งเสริมสุขภาพของผู้ที่รับประทานเข้าไป (Roberfroid, 2002) โดยจากการศึกษาก่อนหน้า พบว่ากลูโคแมนแนนซึ่งมีสมบัติพรีไบโอติก (Chiu และ Stewart, 2012; Harmayani et al, 2014) เมื่อทดลองย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารพบว่ามี percentage recovery สูงถึง 97.9% (Chiu และ Stewart, 2012) และการเสริมกลูโคแมนแนนในอาหารช่วยส่งเสริมการเจริญของ bifidobacteria และยับยั้งการเจริญของ *Clostridium perfringens* และ Escherichia coli ทั้งในซีคัมของหนูทดลองและมนุษย์ ส่งเสริมการผลิตกรดไขมันสายสั้น (short-chain fatty acid; SCFA) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านการลดปริมาณน้ำตาลหรือในเลือด สามารถลดค่า pH ของกากอาหารที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ (Chen et al, 2006; Chen et al, 2008; Chen et al, 2005; Harmayani et al, 2014) และสามารถโดยการป้องกันการเกาะตัวของเชื้อก่อโรคกับเซลล์เยื่อบุผิวบนผนังลำไส้ใหญ่ได้ (Al-Ghazzewi และ Tester, 2014)

2.8 การใช้ประโยชน์จากบุกต่อผู้สูงอายุ

ผงบุกกลูโคแมนแนนจัดเป็นวัตถุเจือปนอาหารประเภทหนึ่ง ตามข้อกำหนดของ JECFA (the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) ที่ระบุอยู่ใน CODEX alimentarius FAO/WHO Food Standards โดยมี E number : E 425 และมี CAS number : 37220-17-0 มีชื่อเรียกหลายชื่อได้แก่ Konjac, Konjac Mannan, Konnyaku เป็นต้น โดยกำหนดปริมาณการใช้เป็น GMP คือใช้ได้ในปริมาณที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ โดยไม่มีการระบุปริมาณขั้นต่ำ (Codex, 2016) ด้วยสมบัติความข้นหนืด และความสามารถในการดูดน้ำและพองตัวได้ดี รวมทั้งยังจัดเป็นใยอาหารจากธรรมชาติ ประเภทละลายน้ำได้ที่เอนไซม์ในร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ในระบบทางเดินอาหารตอนต้น เช่น ในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก แต่จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ จึงไม่มีผลกระทบต่อระดับน้ำตาลในเลือดหรือค่าดัชนีน้ำตาลในเลือด (Glycaemic Index: GI) จึงช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด (Shah et al., 2015) ลดคอเลสเตอรอล ช่วยกระตุ้นการทำงานของลำไส้ ลดอาการท้องผูก และลดความเสี่ยงของการเป็นมะเร็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำไส้ เนื่องจากสมบัติการเป็นใยอาหาร จึงช่วยกระตุ้นการขับถ่าย (Chua et al., 2010) และจากคุณสมบัติการเป็นใยอาหารที่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้มาก มีการย่อยสลายได้ช้าทำให้รู้สึกอิ่มได้ยาวนาน สามารถดักจับไขมันได้มากเนื่องจากเส้นใยบุกมีโมเลกุลที่ยาวกว่าเส้นใยชนิดอื่น รวมทั้งยังมีประโยชน์ทางด้านการให้ปริมาณแคลอรี่ต่ำ ช่วยในเรื่องระบบขับถ่ายได้ดี ดังนั้นจึงมีการผลิตอาหารเสริมจากผงบุกชนิดแคปซูล เพื่อใช้เป็นอาหารควบคุมน้ำหนักหรือลดความอ้วนที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายผงบุก ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพในการลดน้ำหนักได้ดีที่สุดในบรรดาเส้นใยทุกชนิด

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าผงบุกมีประโยชน์นานัปการ ดังจะเห็นจากการนำไปใช้ในหลายๆ ด้าน แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาผลของเปอร์เซ็นต์กลูโคแมนแนนของผงบุกต่อสมบัติการนำไปใช้ในด้านของการละลาย เวลาที่สารละลายบุกได้ความหนืดสูงสุด ความหนืดของสารละลายบุก และความแข็งแรงของเจลเมื่อนำไปใช้ในรูปแบบของเยลลี่ โดยผลที่ได้จากการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการเสริมทั้งโพรไบโอติกและพรีไบโอติกต่อผู้สูงอายุและอุตสาหกรรมแปรรูปบุกในแง่ของการนำผงบุกไปใช้และเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 จุลินทรีย์โพรไบโอติก

- แบคทีเรีย *Lactobacillus paracasei* LYO 150
- แบคทีเรีย *Escherichia coli* TISTR 073
- แบคทีเรีย *Escherichia coli* TISTR 074
- แบคทีเรีย *Escherichia coli* ATCC25922

3.1.1.2 ผงบุกกลูโคแมนแนน (Konjac glucomannan; KGM)

3.1.1.3 กาแลคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Galactooligosaccharide; GOS) ,CHEM POINT, Thailand

3.1.1.4 อินูลินที่ละลายน้ำสูง (highly soluble inulin) ใช้ผลิตภัณฑ์ทางการค้าชื่อ Orafti® HSI, PDO, Thailand

3.1.1.5 กลูโคส, Merck, Germany

3.1.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.1.2.1 De Man Rogosa (MRS) broth, Difco, USA

3.1.2.2 De Man Rogosa (MRS) broth,: Himedia, India

3.1.2.3 Tryptic soy broth (TSB), Himedia, India

3.1.2.4 Sodium hydroxide (NaOH) 0.5 M, Carlo Erba, France

3.1.2.5 Potassium hydroxide (NaOH) 0.5 M, Carlo Erba, France

3.1.2.6 Glycerol 20%

3.1.2.7 Peptone, Difco, USA

3.1.2.8 Cysteine HCl, Merck, USA

3.1.2.9 Agar, Difco, USA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 หลอดทดลอง ขนาด 16×150 มิลลิลิตร

3.2.2 หลอดปั่นเหวี่ยง 1.5 มิลลิลิตร (Microcentrifuge Tube)

3.2.3 บีกเกอร์ ขนาด 250 500 และ 1000 มิลลิลิตร

3.2.4 ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร

3.2.5 แท่งแก้วคนสาร

3.2.6 จานเพาะเลี้ยงเชื้อ ขนาด 90×15 mm

3.2.7 เครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ, Eppendorf, Germany

3.2.8 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge), Thermo Scientific, USA

3.2.9 เครื่องเขย่าสาร (Vortex Mixer), BEC Thai, Thailand

3.2.10 ไมโครปิเปต ขนาด 100-1,000 µL, Thermo Fisher Scientific, USA

3.2.10 Autoclave, Tommy รุ่น SS-325, Japan

3.2.11 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator), Memmert, Germany

3.2.10 เครื่องวัดความขุ่นเชื้อจุลินทรีย์ McFarland

3.2.11 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง, Seven Easy, Mettler Toledo, Chin

3.2.12 เครื่องกวนสาร, IKA MS 7, Germany

3.2.13 Hot air oven, Heraeus รุ่น T20, Thermo Scientific, USA

3.2.14 เครื่องวัดสี Hunter Lab, ColorQuest XE, USA

3.2.15 เครื่องวัดความหนืด, Brookfield viscometer Model DV-II, USA

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การทดสอบความสามารถของโพรไบโอติกในการใช้พรีไบโอติก

การทดสอบความสามารถของโพรไบโอติกในการใช้พรีไบโอติกโดยจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ใช้ในการทดลองเป็นจุลินทรีย์ทางการค้า ได้แก่ สายพันธุ์ *Lactobacillus paracasei* LYO 150 และ cocktail ของ *Escherichia coli* พรีไบโอติกที่นำมาศึกษาได้แก่ ผงบุกกลูโคแมนแนน กาแลคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Galactooligosaccharide; GOS), อินูลินที่ละลายน้ำสูง (Orafti®HIS) และกลูโคส โดยใช้ พรีไบโอติกความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่จำนวนเชื้อเริ่มต้นของจุลินทรีย์ โพรไบโอเริ่มต้น 6.0 log CFU/mL ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ใช้อาหารเหลวสำหรับการทดสอบ ได้แก่ De Man Rogosa (MRS) สำหรับจุลินทรีย์โพรไบโอติกและอาหารเหลว Tryptic soy broth (TSB) สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ในทางเดินอาหารแล้วแบ่งการเติมคาร์โบไฮเดรตให้ความเข้มข้นสุดท้ายเป็นกลูโคส 1% (w/v) หรือเติมพรีไบโอติก 1% (w/v) ดังแสดงในตาราง

อาหาร	คาร์โบไฮเดรต
MRS	กลูโคส 1% (w/v)
	GOS 1% (w/v)
	Orafti® HSI 1% (w/v)
	KGM 1% (w/v)

ส่วนจุลินทรีย์ E.coli ทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Escherichia coli* TISTR 073, *Escherichia coli* TISTR 074 และ *Escherichia coli* ATCC25922 ให้นำมาผสมกันในอัตราส่วน 1:1:1 ปิเปตจุลินทรีย์ที่มีเซลล์เริ่มต้น 6.0 log CFU/mL ลงในหลอดอาหาร TSB สำหรับการทดสอบความสามารถของโพรไบโอติกในการใช้พรีไบโอติก ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น (0 ชั่วโมง) จากนั้นนำหลอดอาหารมาบ่มจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 24 ชั่วโมง หลังจากการบ่ม นำมาตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์โพรไบโอติกและ *E. coli* โดยตรวจนับเซลล์ที่มีชีวิต (CFU/ml) ด้วยวิธีประเมินค่า prebiotic activity score (Huebner และคณะ., 2014) คัดเลือกคู่ของโพรไบโอติกและพรีไบโอติกที่มีค่า prebiotic activity score สูงที่สุดสำหรับใช้พัฒนาในเยลลี่พร้อมดื่มที่มีคุณสมบัติเป็นซินไบโอติกต่อไป โดยการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ analysis of variance (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test

3.3.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มและศึกษาคุณภาพของเยลลี่พร้อมดื่มซินไบโอติก

3.3.2.1 วิธีการผลิตเยลลี่พร้อมดื่ม

การผลิตเยลลี่พร้อมดื่มจากผงบุกกลูโคแมนแนน ซึ่งมีสูตรการผลิตเยลลี่พร้อมดื่มโดยศึกษาผลของผงบุกกลูโคแมนแนนร่วมกับสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยทำการแปรผันปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนนที่ระดับร้อยละ 0.5 0.75 และ 1% w/v ตามลำดับ จากนั้นนำมากวนด้วยความเร็วระดับต่ำอย่างต่อเนื่องภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิห้อง เติม KOH 0.5 นอร์มัลของสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.14 % v/v โดยมีการเติมน้ำผลไม้เข้มข้นเพื่อเป็นสารเสริมรสชาติ หลังจากนั้นให้คนสารละลายทั้งหมดให้เข้ากันภายในระยะเวลา 5 นาที เพื่อทำให้เกิดเจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นให้ความร้อนในระดับพลาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จากนั้นทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ทดลองโดยเปรียบเทียบกับสารให้ความข้นหนืดทางการค้า คือ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่สภาวะการทดลองแบบเดียวกัน

3.3.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มซินไบโอติก

โดยมีการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างเยลลี่บุกพร้อมดื่มเสริมและไม่เสริมน้ำผลไม้ เยลลี่บุกพร้อมดื่มที่ผ่านและไม่ผ่านความร้อนจากการพลาสเจอร์ไรส์ และเปรียบเทียบเฉพาะความหนืดกับสารให้ความข้นหนืดทางการค้า (CMC)

- ค่าสี โดยวัดค่าในรูปค่าความสว่างของสี (L*), ความเข้มของสีแดง (a*) และความ เข้มของสีเหลือง (b*) ด้วยเครื่อง Hunter Lab
- ค่าความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
- ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity)
- ค่าการยอมรับของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม
- ค่าการยอมรับของผลิตภัณฑ์เทียบกับผลิตภัณฑ์เจลลี่พร้อมดื่มทางการค้า

คัดเลือกเยลลี่พร้อมดื่มที่มีค่าคุณสมบัติดีที่สุดมาใช้พัฒนาในเยลลี่พร้อมดื่มที่มีคุณสมบัติเป็นซินไบโอติกต่อไป โดยการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ analysis of variance (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test

3.3.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มซินไบโอติกในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

เตรียมเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก โดยนำคู่พรีไบโอติกและโพรไบโอติกที่ได้จากข้อ 3.3.2 เติมลงในสูตรเยลลี่พร้อมดื่มที่เหมาะสมซึ่งแปรผันความเข้มข้นสุดท้ายในเยลลี่พร้อมดื่มในแต่ละสูตรที่มีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละระดับคือ 8.0 log CFU/mL ตรวจวัดการเจริญและปริมาณเชื้อโพรไบโอติกที่รอดชีวิตหลังจากการเตรียมร่วมกับผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มซินไบโอติกที่เวลาต่างๆ โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน โดยสุ่มตัวอย่างทุกๆ 2 วัน โดยมีการนำเยลลี่มาละลายและเตรียมเป็นสารละลายเจือจางที่มีความเหมาะสมสำหรับการนับจำนวนเซลล์จุลินทรีย์บนจานเพาะเชื้อด้วยวิธี serial dilution จากนั้นนับจำนวนเซลล์จุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ทำการวิเคราะห์การรอดชีวิตของเชื้อโพรไบโอติกจำนวน 2 ซ้ำ

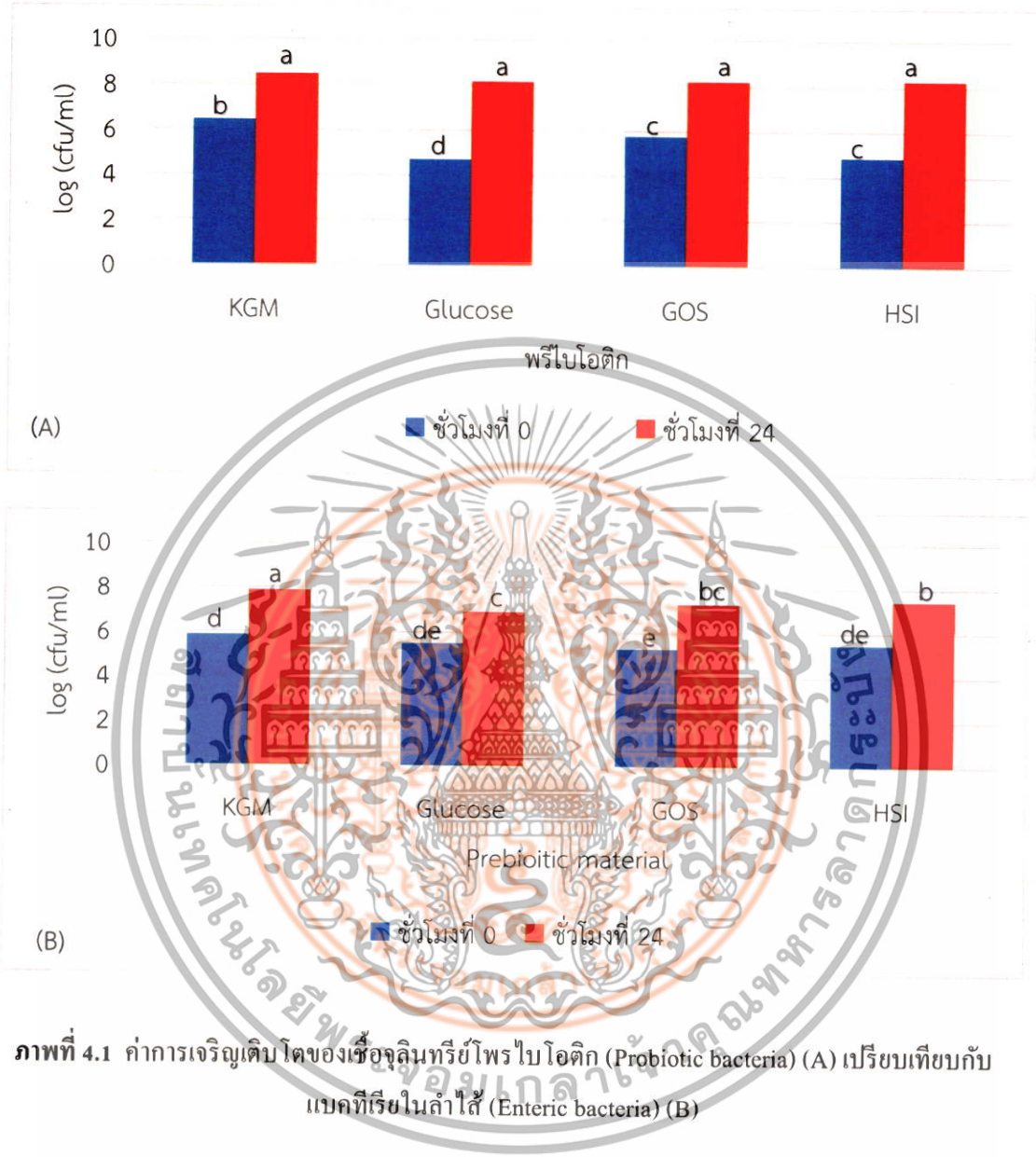
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การทดสอบความสามารถของโพรไบโอติกในการใช้พรีไบโอติก

จากผลการทดสอบความสามารถของโพรไบโอติกในการใช้พรีไบโอติก ดังแสดงในภาพที่ 4.1 พบว่าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก *Lactobacillus paracasei* LYO 150 ที่มี prebiotic ที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า หลังจาก 24 ชั่วโมง จุลินทรีย์โพรไบโอติกสามารถเจริญเติบโตระหว่าง 2 ถึง 3 log CFU โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพรีไบโอติกแต่ละชนิด ในขณะเดียวกันจำนวนเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* แสดงให้เห็นว่า ผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) มีผลทำให้แบคทีเรียในลำไส้ มีการเจริญเติบโตสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ และจากการประเมินจากค่า Prebiotic activity score นำผลการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก (Probiotic bacteria) เปรียบเทียบกับแบคทีเรียในลำไส้ (Enteric bacteria) พบว่าผลการคำนวณค่า Prebiotic activity score ให้ค่าติดลบในทุกชนิดของใยอาหารที่ศึกษาได้แก่ ผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) กาแลคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (GOS) อินูลินที่ละลายน้ำสูง (Orafti®HSI) แสดงให้เห็นถึงใยอาหารที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ อาจไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของ *Lactobacillus paracasei* LYO-150 หรือใยอาหารเหล่านี้ไม่ได้ส่งเสริมเฉพาะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโพรไบโอติก แต่สามารถส่งเสริมจุลินทรีย์ชนิดอื่น อาทิเช่น *E.coli* ในลำไส้ด้วย โดยค่า Prebiotic activity score ของบุกกลูโคแมนแนน (KGM) ให้ค่าติดลบมากที่สุด อาจเนื่องมาจากกลูโคแมนแนนเป็นสารให้ความข้นหนืดจึงมีผลให้อาหารเลี้ยงเชื้อมีความหนืดสูง อาจไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโพรไบโอติก อีกทั้งกลูโคแมนแนนเป็นโพลีแซ็คคาไรด์สายยาว ทำให้เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกต้องย่อยสลายก่อนจึงนำไปใช้ได้ และผลการคำนวณค่า Prebiotic activity score ของ Galactooligosaccharide (GOS) มีค่าติดลบที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับ Highly soluble inulin (Orafti® HSI) อย่างไรก็ตามค่า Prebiotic activity score ของ Galactooligosaccharide (GOS) มีค่าติดลบน้อยสุด เนื่องจาก GOS เป็นน้ำตาลโมเลกุลสายสั้น ทำให้เชื้อเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกสามารถนำไปใช้ในการเจริญได้ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับใยอาหารชนิดอื่น จึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นพรีไบโอติกต่อไป ดังนั้นจึงคัดเลือกคู่ของโพรไบโอติกและพรีไบโอติกที่มีค่า prebiotic activity score ติดลบน้อยที่สุดสำหรับใช้พัฒนาในเยลลี่พร้อมดื่มที่มีคุณสมบัติเป็นซินไบโอติกนั่นก็คือคู่ของ *Lactobacillus paracasei* LYO 150 กับ Galactooligosaccharide (GOS) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 ค่าการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก (Probiotic bacteria) (A) เปรียบเทียบกับแบคทีเรียในลำไส้ (Enteric bacteria) (B)

ตารางที่ 4.1 ค่า Prebiotic activity score ในใยอาหารแต่ละชนิดต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก *Lactobacillus paracasei* LYO-150

ชนิดของใยอาหาร	Prebiotic activity score
บุกกลูโคแมนแนน (KGM)	$-6.3769^{b}\pm0.0877$
Galactooligosaccharide (GOS)	$-0.1469^{a}\pm1.4060$
Highly soluble inulin (Orafti®HSI)	$-1.8679^{a}\pm0.8113$

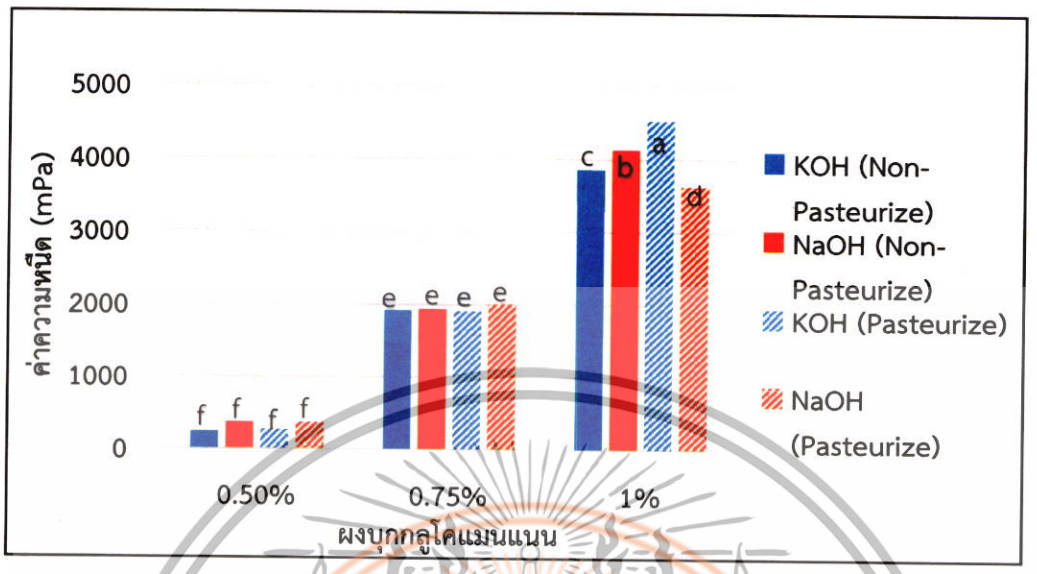
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกพร้อมดื่ม

จากผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกพร้อมดื่มซึ่งแปรผันความเข้มข้นของผงบุกกลูโคแมนแนนที่ระดับ 0.5 0.75 และ 1% w/v ร่วมกับสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยมีการเปรียบเทียบคุณลักษณะระหว่างเยลลี่พร้อมดื่มที่ผ่านและไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แสดงในภาพที่ 4.2 พบว่า ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่ไม่ได้เติมน้ำผลไม้ที่มีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของผงบุกกลูโคแมนแนนเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากคุณสมบัติการเป็นสารให้ความข้นหนืด (thickening effect) ของบุกกลูโคแมนแนน (Charoenrein และคณะ, 2011) โดยความข้นหนืดต่ำสุด (500 มิลลิพาสคัล) พบที่ผงบุกกลูโคแมนแนนที่ความเข้มข้น 0.5% w/v ร่วมกับสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์หรือสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ผ่านและไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และความหนืดสูงสุดที่ 4500 มิลลิพาสคัล พบที่ผงบุกกลูโคแมนแนนที่ความเข้มข้น 1% w/v ร่วมกับสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์

เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนืดระหว่างผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)และผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ระดับความเข้มข้นของผงบุกกลูโคแมนแนน 0.5% และ0.75% w/v พบว่าค่าความหนืดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อความเข้มข้นของผงบุกกลูโคแมนแนนมากขึ้นที่ความเข้มข้น 1% w/v พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) มีความหนืดสูงกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่เติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เมื่อทำการพาสเจอร์ไรส์พบว่าความหนืดของผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าความร้อนมีผลต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่ไม่มีผลกับผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่เติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ อาจมีโครงสร้างเจลที่แข็งแรงมากกว่า เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Herranz และคณะ, 2013 ที่ศึกษาอิทธิพลของชนิดของด่างและอุณหภูมิในเจลกลูโคแมนแนนที่ความเข้มข้นสูง พบว่าผลของความเข้มข้นของด่างมีผลเฉพาะเจลที่เติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีโครงสร้างเจลที่มีเสถียรภาพมากกว่า เนื่องจากมีการเชื่อมโยงของโครงสร้างมากกว่า และเมื่อศึกษาผลของความร้อน พบว่า เจลที่เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ โครงข่ายเจลมีความยืดหยุ่นน้อยลงและไม่เสถียรมากขึ้นที่อุณหภูมิสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Herranz และคณะ, 2012 ได้อธิบายว่า เจลกลูโคแมนแนนที่ผสมสารละลายด่างที่มีไอออนขนาดเล็ก เช่น โซเดียมไอออน (Na^+) อาจทำให้ไอออนเหล่านั้นเกิดการจับตัวกับพันธะคู่ของโมเลกุลน้ำอย่างถาวรในปริมาณมากเป็นผลในการเพิ่มระดับการถ่ายเทประจุ (electrostatic order) ส่งผลให้มีความไวต่อความร้อนมากยิ่งขึ้นด้วย

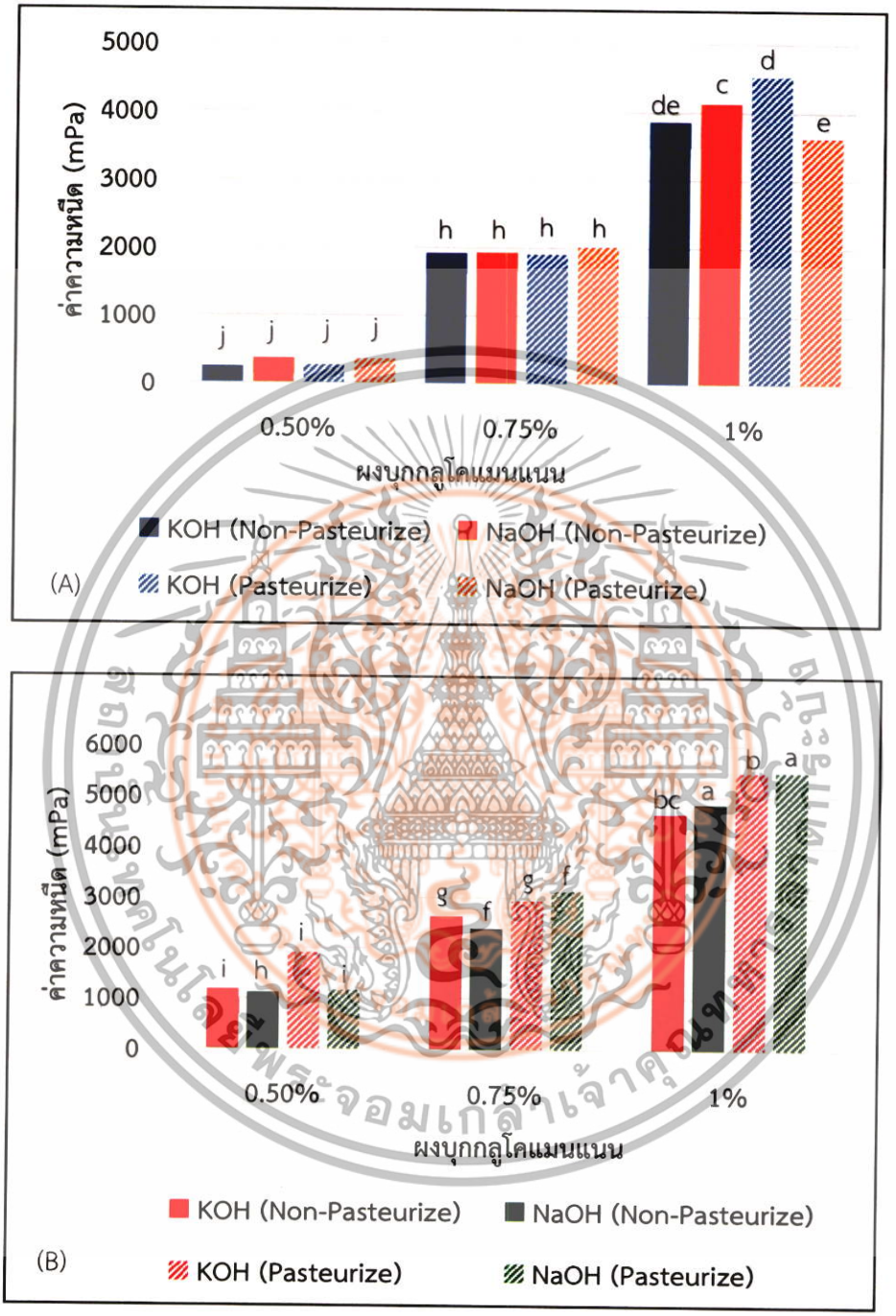
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)และผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งแปรผันปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนนที่ระดับ 0.5 0.75 และ 1% w/v ที่ผ่านและไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์

เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกพร้อมดื่มกับสารให้ความข้นหนืดทางการค้าซึ่งเป็นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose - CMC) ที่ความเข้มข้นเดียวกันของผงบุกกลูโคแมนแนนที่ใช้ในงานทดลอง พบว่าสารให้ความข้นหนืดทางการค้ามีค่าความหนืดที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกอย่างมีนัยสำคัญและความสามารถคงสภาพความหนืดและสามารถต้านทานต่อความร้อนหลังผ่านการพาสเจอร์ไรส์ แต่อย่างไรก็ตามคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นสารเซลลูโลสดัดแปรจึงมีความสามารถทนความร้อนได้สูงและเป็นสารให้พลังงานได้ ในขณะที่ผงบุกกลูโคแมนแนนเป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติและไม่ให้พลังงาน จึงเหมาะในการนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านสุขภาพมากกว่า ดังแสดงในภาพที่ 4.3

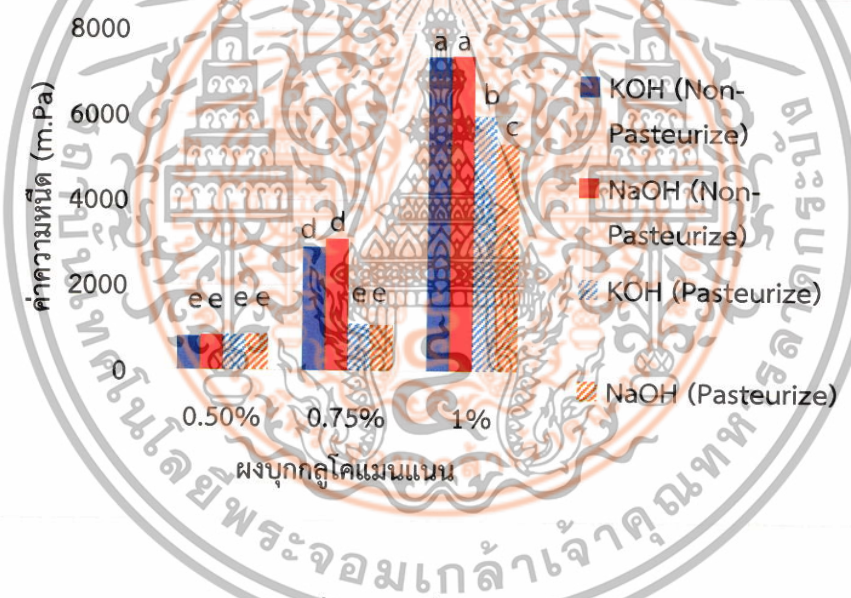
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกพร้อมดื่ม (A) กับสารให้ความข้นหนืดทางการค้า (CMC) (B) ซึ่งแปรผันปริมาณความเข้มข้นที่ระดับ 0.5 0.75 และ 1% w/v

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจึงศึกษาค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่ได้เติมน้ำผลไม้ฝรั่งชมพู ที่ความเข้มข้นน้ำตาล 8.7% ทดแทนการละลายด้วยน้ำเพื่อเพิ่มรสชาติของผลิตภัณฑ์ พบว่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่เติมน้ำผลไม้มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่ไม่ได้เติมน้ำผลไม้ โดยความข้นหนืดต่ำสุด (790 มิลลิพาสคัล) พบที่ผงบุกกลูโคแมนแนนที่ความเข้มข้น 0.5% w/v ร่วมกับสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และความหนืดสูงสุดที่ 7300 มิลลิพาสคัล พบที่ผงบุกกลูโคแมนแนนที่ความเข้มข้น 1% w/v ร่วมกับสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์หรือสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำตาลมีขนาดโมเลกุลปานกลางถึงใหญ่ที่มีขั้วทำให้ขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำ ส่งผลให้ความหนืดของสารละลายเพิ่มสูงขึ้น (He และคณะ, 2011) และเมื่อความเข้มข้นของผงบุกกลูโคแมนแนนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนืดเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังแสดงในภาพที่ 4.4

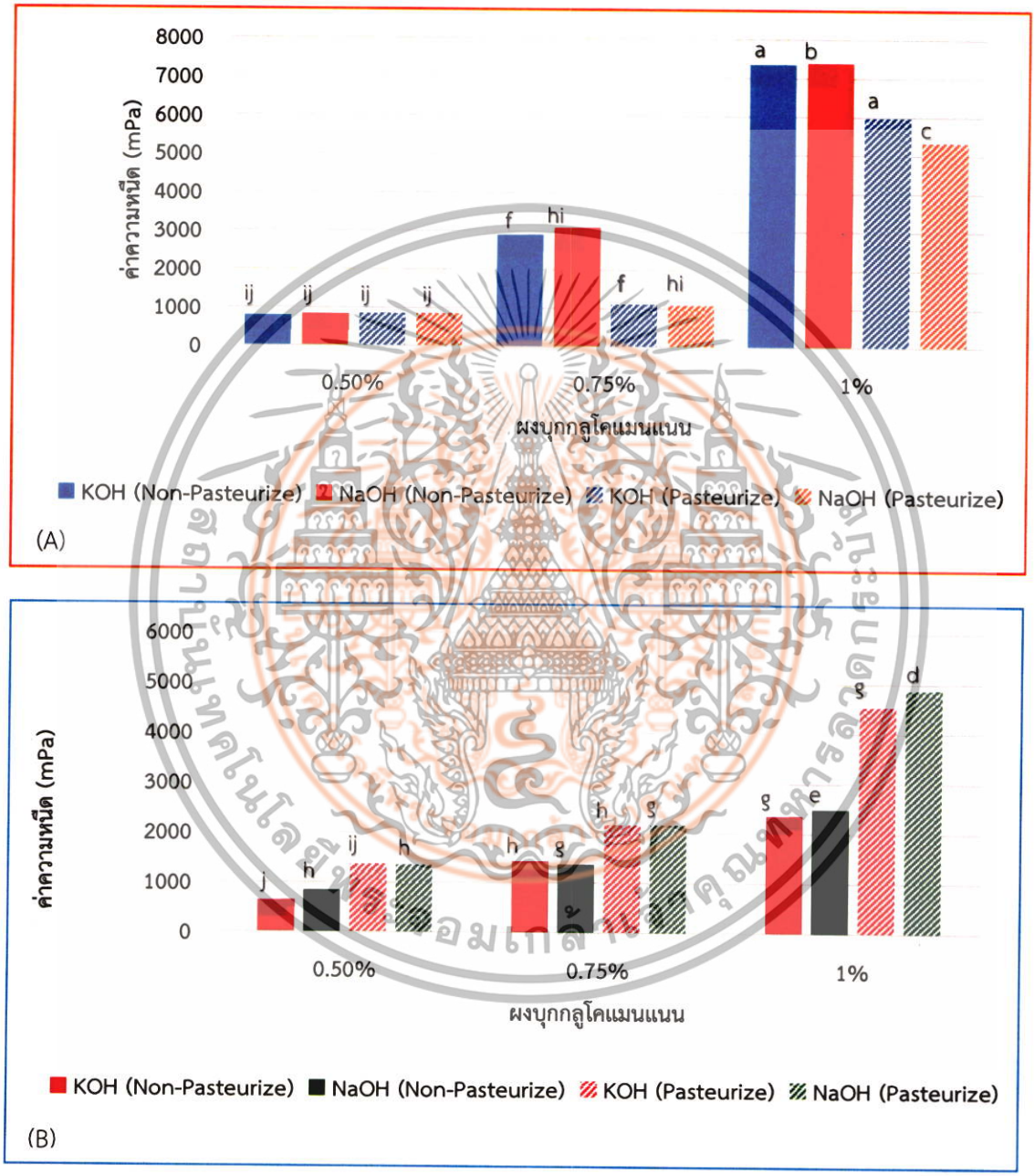


ภาพที่ 4.4 ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกเสริมน้ำผลไม้ ซึ่งแปรผันปริมาณความเข้มข้นที่ระดับ 0.5 0.75 และ 1% w/v

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกเสริมน้ำผลไม้ กับสารให้ความข้นหนืดทางการค้า (Carboxymethyl cellulose - CMC) ที่เติมน้ำผลไม้ ดังแสดงในภาพที่ 4.5 ภายหลังการผ่านขบวนการพาสเจอร์ไรส์ พบว่าเยลลี่บุกเสริมน้ำผลไม้ที่เติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ยังให้ค่าความหนืดสูงกว่าเยลลี่ที่เติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่ความหนืดยังลดลงหลังผ่านความร้อน ขณะที่ CMC ที่เติมน้ำผลไม้ยังสามารถเพิ่มความหนืดมากขึ้นหลังจากผ่านการพาสเจอร์ไรส์



ภาพที่ 4.5 ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกเสริมน้ำผลไม้ (A) เปรียบเทียบกับสารให้ความข้นหนืดทางการค้า (CMC) ที่เติมน้ำผลไม้ (B) ซึ่งแปรผันปริมาณความเข้มข้นที่ระดับ 0.5 0.75 และ 1% w/v

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการศึกษานี้จะมุ่งพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุ โดย Garin และคณะ (2014) ได้ศึกาความแตกต่างกันระหว่างความข้นหนืดของเครื่องดื่มที่เหมาะสำหรับผู้ป่วยผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบาก พบว่าค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ทางการค้าสำหรับผู้สูงอายุ 2 ชนิด คือ Resource®(Nestle) ผลิตจากแป้งข้าวโพดดัดแปร และผลิตภัณฑ์ Nutilis (Nutricia) ผลิตจากแป้งข้าวโพดดัดแปร, มอลโทเดกซ์ทริน, ทารากัม (gums tara), แซนแทนกัม (Xanthan) และกัวกัม (guar) เพื่อเพิ่มความทนทานต่อเอนไซม์อะไมเลสในน้ำลาย ให้ค่าความหนืดเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุที่ 1,104.4±104.7 mPa และ 1,032.4±57.6 mPa ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความหนืดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเติมน้ำผลไม้ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ได้พัฒนาขึ้น คือ ที่ระดับความเข้มข้นของผงบุกกลูโคแมนแนน 0.75% w/v เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 1,091.0±69.2 mPa จึงเหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

4.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม

ความสามารถในการอุ้มน้ำในผลิตภัณฑ์ (Water holding capacity) บ่งบอกถึงความสามารถในการกักเก็บน้ำอย่างเพียงพอในโครงสร้างของโพลีแซคคาไรด์และมีส่วนช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (Herranz และคณะ, 2012)จากการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม พบว่า ในทุกสภาวะของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติก ไม่พบการแยกตัวของชั้นน้ำหรือการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการอุ้มน้ำหลังจากการปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 g เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นผลมาจากเมื่อนำผงบุกกลูโคแมนแนนมาละลายน้ำ อนุภาคของกลูโคแมนแนนจะดูดซับน้ำแล้วเกิดการพองตัว โดยสามารถดูดน้ำได้ 100-200 เท่า ทำให้สารละลายที่ได้มีความหนืดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะได้สารละลายที่มีความข้นหนืดลักษณะแบบ pseudoplastic และการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานขึ้น การเพิ่มแรงเฉือนก็ส่งผลให้การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นด้วย (จิราภรณ์, 2543) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 เช่นเดียวกันกับ Charoenrein และคณะ (2011) ศึกษาผลของการเติมบุกกลูโคแมนแนนต่อร้อยละการแยกตัวของน้ำ (syneresis) ในเจลแป้งข้าวในการแช่แข็งและละลายกลับ (freeze-thaw) พบว่า บุกกลูโคแมนแนนมีความสามารถในการลดร้อยละการแยกตัวของน้ำได้อย่างชัดเจนและมีนัยสำคัญ แตกต่างกับเจลแป้งข้าวที่ไม่ได้มีบุกกลูโคแมนแนน แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำได้เป็นอย่างดีของบุกกลูโคแมนแนน ดังนั้นผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่พัฒนาขึ้นจุงมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ 100% เหมาะสำหรับการนำไปใช้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

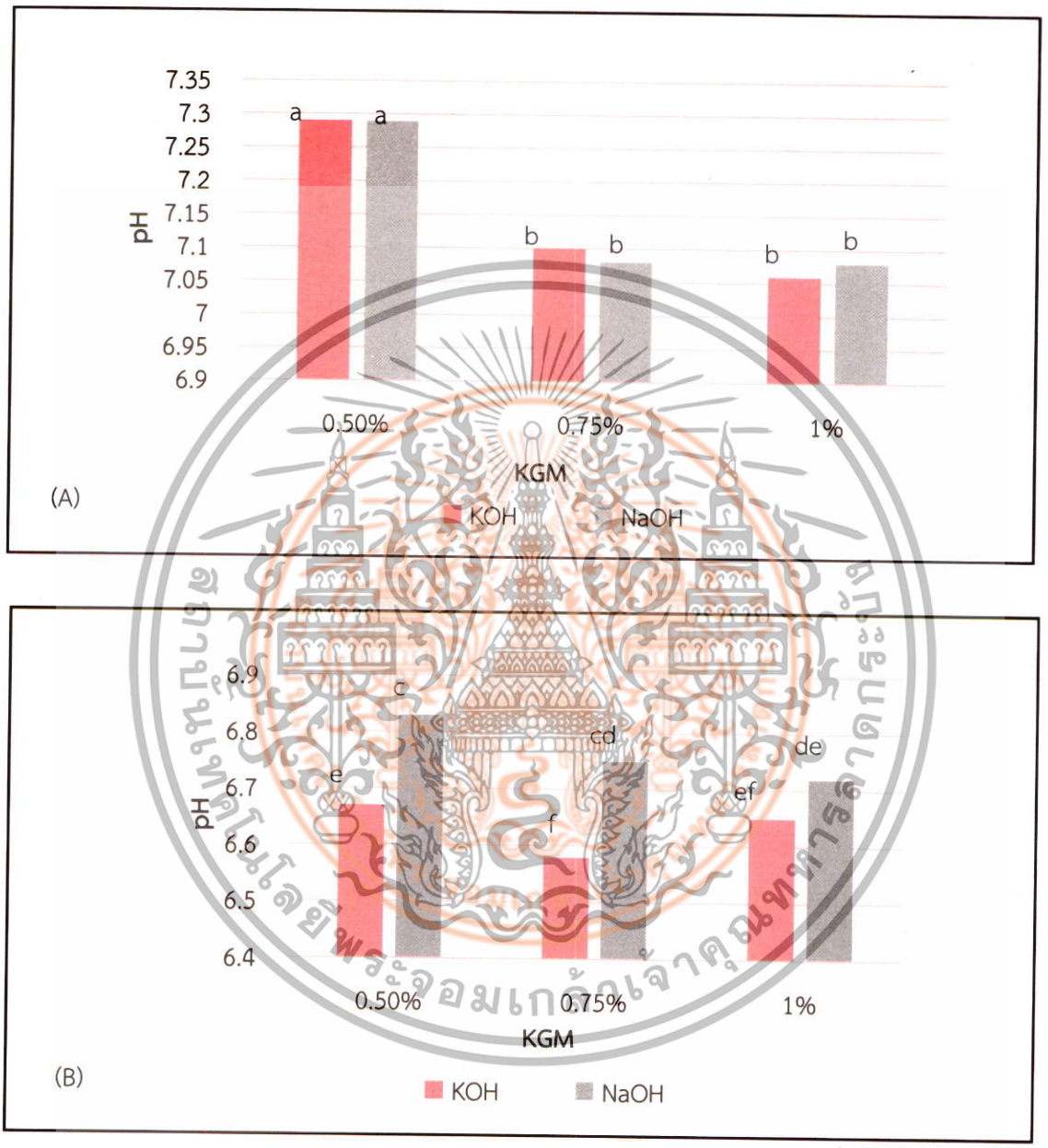
ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการอุ้มน้ำในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม

ความเข้มข้นของบุก กลูโคแมนแนน (%w/v)	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)		โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	
	ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์	ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์
0.50%	ไม่พบการแยกชั้นน้ำ	ไม่พบการแยกชั้นน้ำ	ไม่พบการแยกชั้นน้ำ	ไม่พบการแยกชั้นน้ำ
0.75%	ไม่พบการแยกชั้นน้ำ	ไม่พบการแยกชั้นน้ำ	ไม่พบการแยกชั้นน้ำ	ไม่พบการแยกชั้นน้ำ
1%	ไม่พบการแยกชั้นน้ำ	ไม่พบการแยกชั้นน้ำ	ไม่พบการแยกชั้นน้ำ	ไม่พบการแยกชั้นน้ำ

4.4 การวิเคราะห์ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม

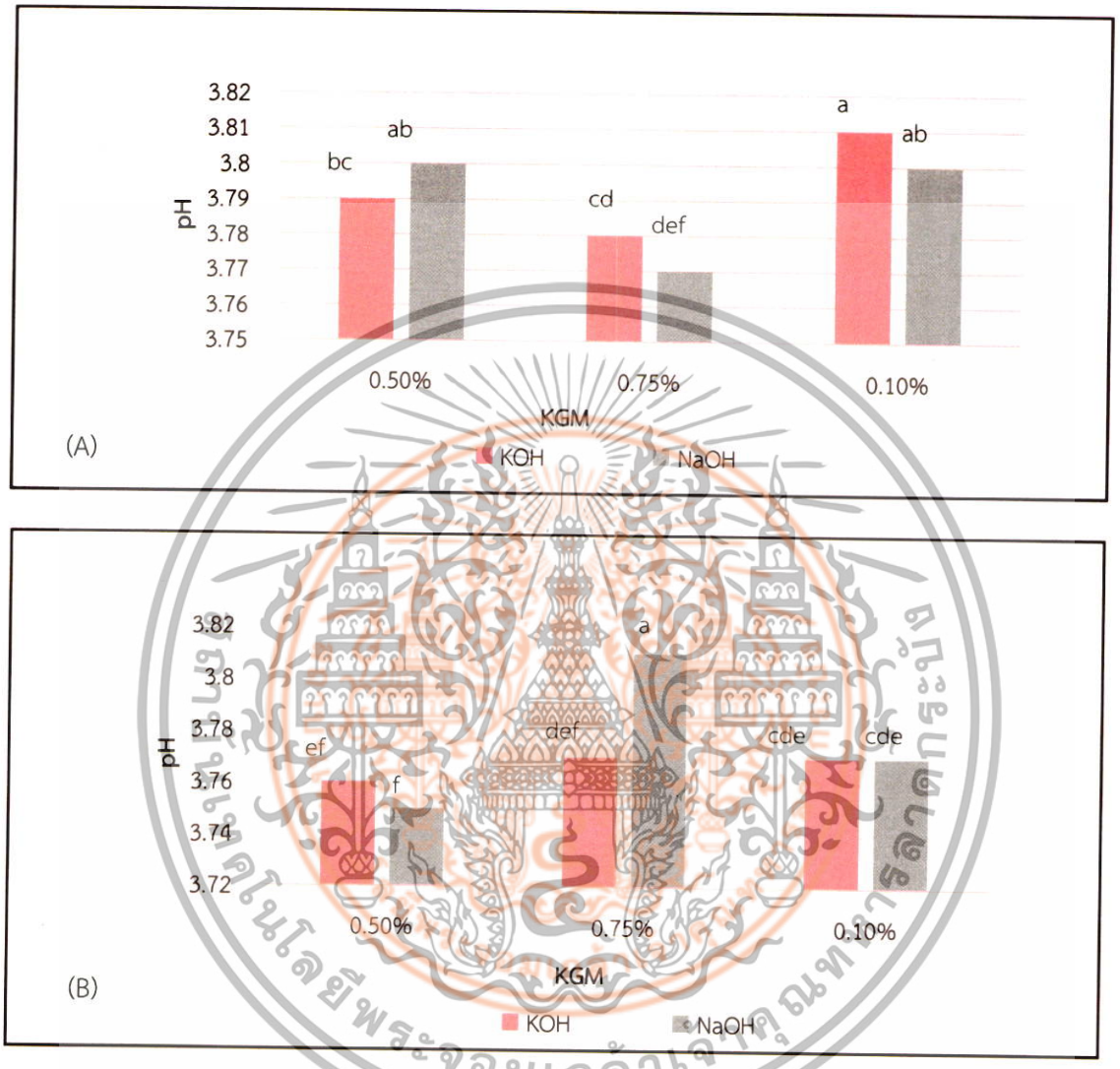
จากการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม โดยศึกษาผลของผง บุกกลูโคแมนแนนร่วมกับสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยแปรผันปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนนที่ 0.5 0.75 และ 1% w/v ซึ่งแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ ไม่ผ่านการพาสเจอไรส์ และผ่านการพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และเปรียบเทียบค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเติมและไม่เติมน้ำผลไม้ พบว่าค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่ไม่เติมน้ำผลไม้อยู่ในสภาวะเป็นกลาง คือ มีค่าประมาณ 6.9 ถึง 7.29 และเมื่อความเข้มข้นของปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าพีเอชลดลงทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการพาสเจอไรส์ (ดังแสดงในภาพที่ 4.6) ภายหลังการพาสเจอไรส์ พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่มีสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ให้ค่าพีเอชมากกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่มีโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ดังแสดงในภาพที่ 4.6 เมื่อเติมน้ำผลไม้ลงในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม พบว่าค่า พีเอชลดลงในสภาวะเป็นกรด ระหว่างค่าพีเอช 3.7 ถึง 3.8 ดังแสดงในภาพที่ 4.7 เนื่องมาจากน้ำผลไม้มีค่าความเป็นกรดสูง ส่งผลให้ค่าพีเอชของตัวอย่างต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่ไม่เติมน้ำผลไม้ ภายหลังจากผ่านการพาสเจอไรส์พบว่าปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนนที่ 0.75% ร่วมกับสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในน้ำผลไม้ให้ค่าพีเอชสูงที่สุด คือ 3.81 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มไม่เติมน้ำผลไม้ที่ไม่ผ่านการพาสเจอไรส์ (A) และผ่านการพาสเจอไรส์ (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเติมน้ำผลไม้ที่ไม่ผ่านการพาสเจอไรส์ (A) และผ่านพาสเจอไรส์ (B)

4.5 การวิเคราะห์ค่าสีในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม

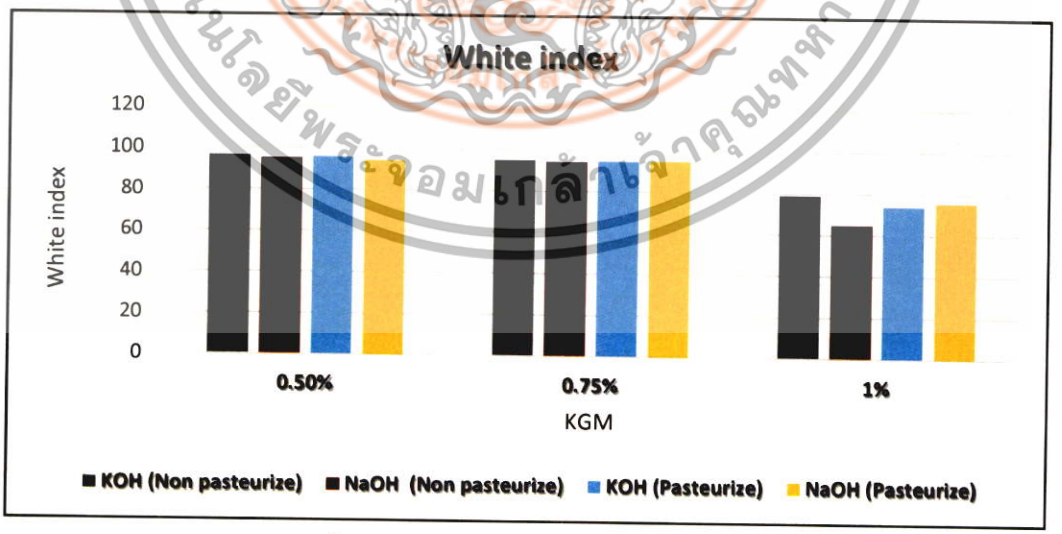
ค่าสีเป็นค่าการวิเคราะห์หนึ่งที่มีผลโดยตรงต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค โดยผงบุกกลูโคแมนแนนร่วมกับสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยทำการแปรผันปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนนที่ 0.5 , 0.75 และ 1 % w/v ซึ่งแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ถูกนำมาวัดค่าสีในระบบค่า L* , a* และ b* โดยแบ่งการวิเคราะห์ค่าสีทั้งหมดเป็น 3 ค่า ได้แก่ ค่าดัชนีความขาว (White Index),ค่าความเข้มสี (color intensity) และค่าความแตกต่างของสี (color difference, ΔE)

4.5.1 ค่าดัชนีความขาว (White Index)

ค่าดัชนีความขาวได้วิเคราะห์เฉพาะชุดควบคุม คือ เยลลี่บุกกลูโคแมนแนนที่ไม่ผสมน้ำผลไม้ฝรั่งชมพู จากการทดลองพบว่าความเข้มของผงบุกกลูโคแมนแนน 0.5% และ 0.75% w/v ไม่พบความแตกต่างของระหว่างค่าดัชนีความขาวในทุกๆสภาวะการทดลอง ดังนั้นค่าดัชนีความขาวระหว่างการให้ความร้อนและไม่ให้ความร้อนมีผลไม่แตกต่างกัน ยกเว้นที่ความเข้มข้นของผงบุกกลูโคแมนแนนที่ 1.0% w/v ที่มีค่าความขาวลดลงเนื่องจากเมื่อปริมาณของผงบุกกลูโคแมนแนนเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้เกิดการกระจายตัวของโพลิเมอร์และน้ำในหลายรูปแบบซึ่งทำให้เกิดการกระจายตัวของแสงได้น้อยเมื่อแสงรอดผ่าน (Park 1996) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารละลายด่างสองชนิด คือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) พบว่าค่าดัชนีความขาวมีความแตกต่างกันเฉพาะตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนนที่ 1% w/v มีความแตกต่างกัน โดยค่าดัชนีความขาวของเยลลี่ที่มีโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์มีค่าสูงกว่าในกรณีตัวอย่างที่ไม่ผ่านการพาสเจอไรส์อย่างไรก็ตาม ภายหลังการพาสเจอไรส์ให้ผลไม่ต่างกันผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าปัจจัยต่างๆ อาทิเช่น ความร้อนจากกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ไม่มีผลต่อค่าดัชนีความขาว แสดงถึงความคงตัวของความขาวและความสว่างของเยลลี่พร้อมดื่มจากบุกกลูโคแมนแนน ดังแสดงในภาพ 4.8

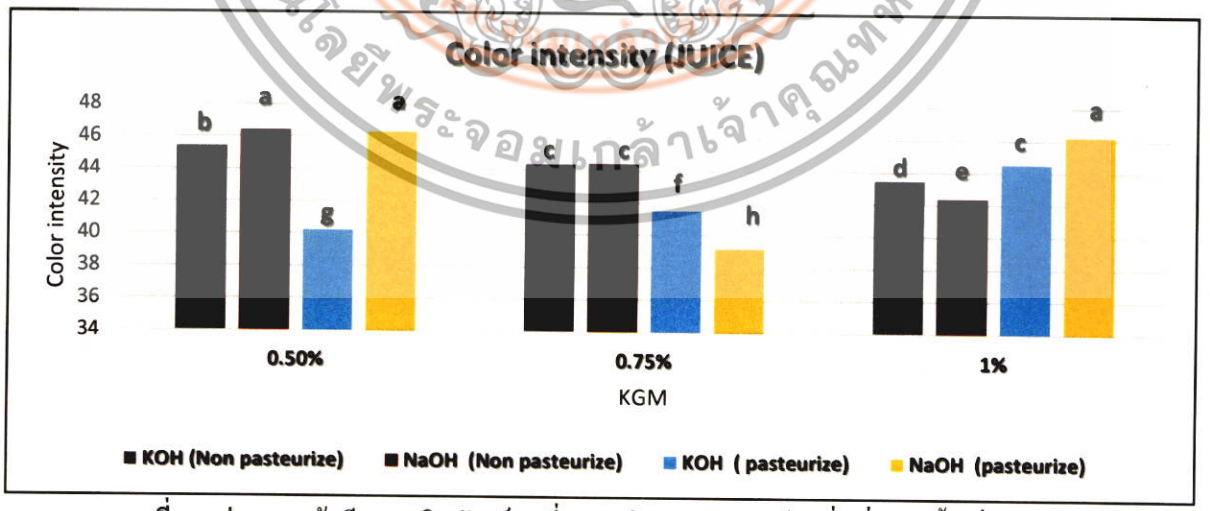


ภาพที่ 4.8 ค่าดัชนีความขาว (White Index)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

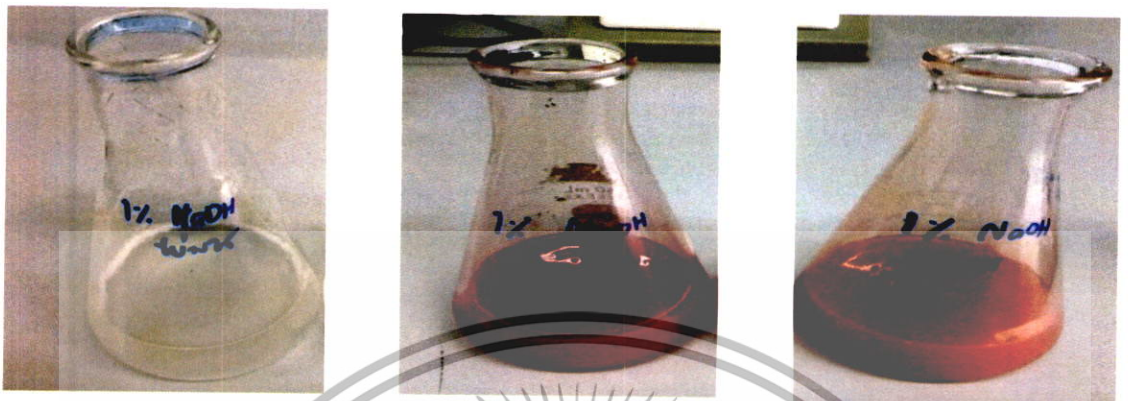
4.5.2 ค่าความเข้มสี (Color intensity)

ค่าความเข้มสีได้วิเคราะห์เฉพาะ เยลลี่บุกกลูโคแมนแนนที่ผสมน้ำผลไม้ฝรั่งชมพู เนื่องจากน้ำผลไม้ชมพูที่นำมาใส่ในเยลลี่นั้นให้สีชมพูเข้ม (ภาพ 4.10) ผลการทดลองพบว่าเยลลี่เมื่อผ่านการพาสเจอร์ไรส์ส่งผลให้ความเข้มของสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในตัวอย่างเยลลี่ที่ความเข้มข้นของผงบุกกลูโคแมนแนนปริมาณต่ำคือ 0.5% w/v ร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยค่าความเข้มสีที่สูงขึ้นนี้เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล (caramelization) ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลในน้ำฝรั่งชมพูที่เติมลงในเยลลี่ด้วยความร้อนสูงและมีการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) ของสารประกอบคาร์บอนเรียกว่า คาราเมล เป็นสารที่ให้สีเข้ม มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว เป็นผลให้ตัวผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นไปด้วย (Brands และ Van Boekel,2001) อย่างไรก็ตามเมื่อความเข้มข้นของผงบุกกลูโคแมนแนน 1.0% w/v ร่วมกับสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) อย่างไรก็ตามเมื่อเปอร์เซ็นของผงบุกกลูโคแมนแนนเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความเข้มสีมีค่าลดลง เนื่องจาก เมื่อความเข้มข้นของผงบุกมากแสงที่สามารถส่องผ่านได้น้อยทำให้ค่าสีลดน้อยลงด้วยโครงสร้างของกลูโคแมนแนนที่พองตัวจับตัวเป็นเยลลี่แน่น เมื่อเพิ่มปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนนเพิ่มขึ้นสามารถกระจายแสงได้ดีทำให้ความเข้มสีลดลง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างเยลลี่พร้อมดื่มที่ร่วมกับสารละลายด่างสองชนิด พบว่าค่าความเข้มสีของเยลลี่ที่มีสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีค่ามากกว่าเยลลี่ที่มี สารละลายด่าง โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก NaOH เป็นด่างที่ให้ความเข้มสี มากกว่า KOH เพราะ NaOH เมื่อเติมลงไปในเยลลี่บุกกลูโคแมนแนนทำให้เยลลี่มีค่าสีที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับเยลลี่พร้อมดื่มทางการค้า โดยปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนนที่ร่วมกับสารละลายด่างยกเว้นที่ความเข้มข้นของผงบุกกลูโคแมนแนนที่ 0.75% w/v มีความเข้มข้นของค่าสีต่ำที่สุดในเยลลี่ที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ดังแสดงในภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ค่าความเข้มสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกกลูโคแมนแนนพร้อมดื่มที่เสริมน้ำฝรั่งชมพู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



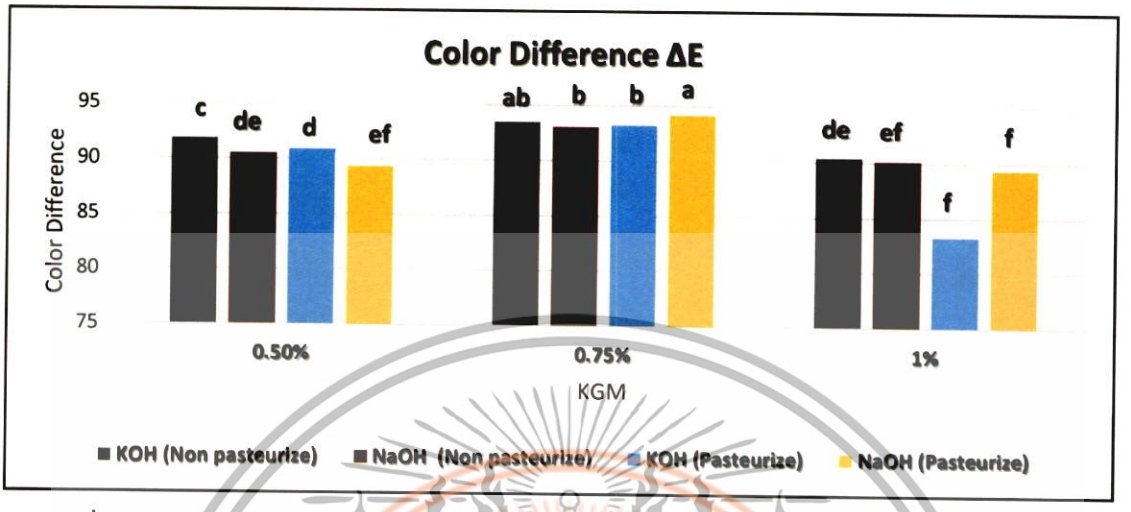
(A) (B) (C)

ภาพที่ 4.10 ลักษณะของสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกกลูโคแมนแนนพร้อมดื่มที่ไม่ผสมน้ำผลไม้ (A), เยลลี่บุกผสมน้ำผลไม้ก่อนการพาสเจอไรส์ (B) และเยลลี่บุกผสมน้ำผลไม้หลังการพาสเจอไรส์ (C)

4.5.3 ค่าความแตกต่างของสี (Color difference, ΔE)

ค่าความแตกต่างของสีหาได้จากค่าสีของเยลลี่บุกกลูโคแมนแนนพร้อมดื่มที่ผสมและไม่ผสมน้ำผลไม้ ผลการทดลองพบว่าค่าความแตกต่างของสีมีค่าสูง แสดงว่าตัวอย่างเยลลี่พร้อมดื่มทั้งสองชนิดมีสีที่แตกต่างกันอย่าง ชัดเจน โดยค่าความแตกต่างของสีที่มีค่ามากที่สุด ในตัวอย่างเยลลี่พร้อมดื่มที่ ปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนนที่ 1% w/v เนื่องจากเดิมความเข้มข้นของเยลลี่บุกกลูโคแมนแนนผสมน้ำผลไม้ที่ 0.75% w/v ให้ความเข้มของค่าสีต่ำที่สุด และค่าความแตกต่างของค่าสีมีค่าน้อยที่สุดให้ตัวอย่างเยลลี่พร้อมดื่มที่ปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนนที่ 0.75% w/v แสดงให้เห็นว่ายิ่งปริมาณความเข้มข้นของบุกกลูโคแมนแนนมาก ทำให้เยลลี่ทั้งสองสภาวะมีความแตกต่างกันน้อยลง ในขณะที่ความแตกต่างสีของสารละลายด่างที่ใช้แตกต่างกัน พบว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้ค่าความแตกต่างของสีที่ลดลง ภายหลังกระบวนการพาสเจอไรส์ ดังแสดงในภาพที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 ค่าความแตกต่างสีของผงบุกกลูโคแมนแนนที่ผสมกับน้ำฝรั่งชมพู (Color difference, ΔE)

4.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติก

การประเมินผลทางประสาทสัมผัสเป็นการประเมินการยอมรับที่มีต่อตัวผลิตภัณฑ์ผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของผู้ชิม ได้แก่ การมอง การฟัง การดม การชิม และการสัมผัส (ไพโรจน์, 2545) โดยคัดเลือกผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกพร้อมดื่มทั้งหมด 5 ตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบทั้งหมด 15 คน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ทางการค้า, ผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกพร้อมดื่มเสริมน้ำผลไม้ ซึ่งแปรผันปริมาณความเข้มข้นที่ระดับ 0.5 0.75 และ 1% w/v ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์และที่ระดับความเข้มข้น 0.75 % w/v ที่ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เยลลี่ทางการค้า คือ ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มยี่ห้อ เจเล่ ซึ่งผลิตมาจาก คาราจีแนน ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.3 ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่พัฒนาขึ้นกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกกลูโคแมนแนนพร้อมดื่มเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มทางการค้า

	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส				
	ผลิตภัณฑ์ทางการค้า	ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกกลูโคแมนแนน (%w/v)			
		0.5% (พาสเจอร์ไรซ์)	0.75% (พาสเจอร์ไรซ์)	1% (พาสเจอร์ไรซ์)	0.75% (ไม่พาสเจอร์ไรซ์)
ลักษณะปรากฏ	6.53±1.92^{a}	6.33±1.54^{a}	6.40±1.76^{a}	6.20±1.69^{a}	5.53±1.55^{a}
กลิ่นรส	7.26±1.43^{a}	5.60±1.63^{b}	5.66±1.34^{b}	5.60±1.91^{b}	5.00±1.30^{b}
ความหนืด	6.80±1.61^{a}	5.53±1.64^{ab}	5.33±1.75^{b}	4.46±2.19^{b}	4.33±2.09^{b}
เนื้อสัมผัส	7.13±1.55^{a}	5.40±1.45^{b}	5.93±1.62^{ab}	4.73±2.051^{b}	4.73±2.18^{b}
ความชอบโดยรวม	7.40±1.68^{a}	5.93±1.53^{b}	5.93±1.48^{b}	4.93±2.25^{bc}	4.46±1.84^{c}

นอกจากนั้น ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกพร้อมดื่มที่ระดับความเข้มข้น 0.5% w/v และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกพร้อมดื่มที่ระดับความเข้มข้น 0.75% w/v ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า ในขณะที่ค่าการยอมรับของผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกพร้อมดื่มที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 0.75% w/v ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

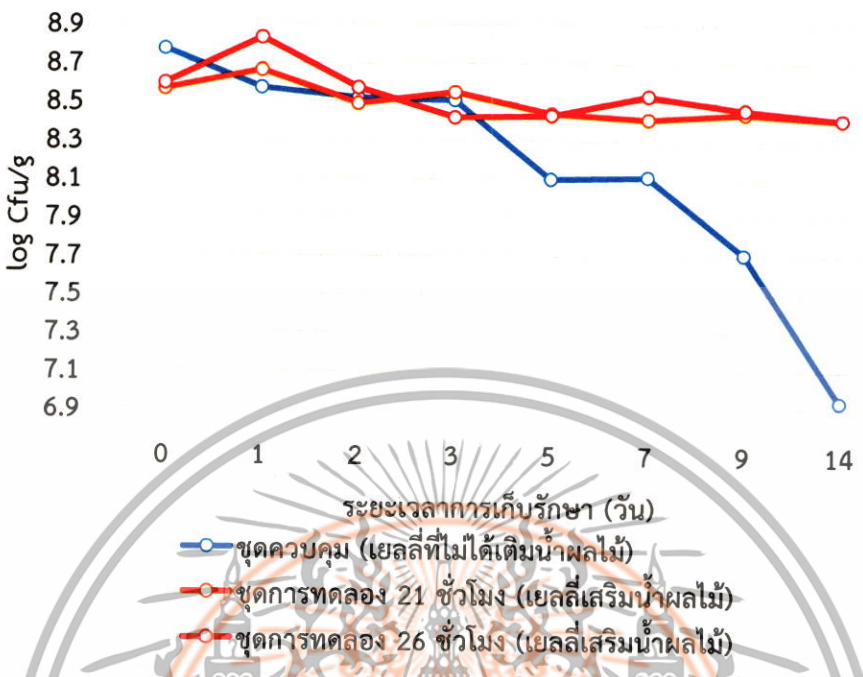
ดังนั้นจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกกลูโคแมนแนนพร้อมดื่ม พบว่าเยลลี่บุกกลูโคแมนแนนที่ความเข้มข้น 0.75% w/v ร่วมกับสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ โดยมีคุณสมบัติโดยรวมที่เหมาะสม คือมีค่าความหนืดที่ 1,091.0±69.2 mPa ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ โดยมีค่าพีเอชที่ 3.81 ซึ่งมีความเป็นกรดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ มีค่าความเข้มสีที่ 39.2050±0.12 และให้ค่าความแตกต่างของสีที่ 94.1500±0.11 รวมถึงมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าในด้านของเนื้อสัมผัส โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ที่ 5.93±1.4807 จึงเหมาะที่จะนำไปพัฒนาเป็นเยลลี่บุกกลูโคแมนแนนพร้อมดื่มเสริมซินไบโอติกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 ผลการวิเคราะห์อัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติก *Lactobacillus paracasei* LYO-150 ร่วมกับพรีไบโอติก (Galactooilgosaccharide) ในผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกกลูโคแมนแนนพร้อมดื่มเสริมซินไบโอติกในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 14 วัน

จากการคัดเลือกคุณสมบัติเยลลี่บุกกลูโคแมนแนนที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่สุด คือที่ความเข้มข้น 0.75% w/v ร่วมกับสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ นำมาเสริมคุณสมบัติซินไบโอติก โดยการเติมคู่ของโพรไบโอติกและพรีไบโอติกที่มีค่า prebiotic activity score ติดลบน้อยที่สุด คือ คู่ของ *Lactobacillus paracasei* LYO-150 กับ Galactooilgosaccharide (GOS) ที่ความเข้มข้น 1%v/v โดยให้จำนวนหัวเชื้อโพรไบโอติกเริ่มต้นที่ 8.0 log CFU/g จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 วัน โดยการตรวจติดตามอัตราการรอดชีวิตของเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus paracasei* LYO-150 ดังแสดงในภาพที่ 4.12 พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษาเยลลี่มีเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus paracasei* ประมาณ 8.59 Log (CFU/g) หลังจากเก็บรักษาหนึ่งวัน พบว่าจำนวนของจุลินทรีย์โพรไบโอติกเพิ่มขึ้นประมาณ 0.24 Log cycle เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่เป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ไม่ได้เติมน้ำผลไม้ หลังจากนั้นอัตราการอยู่รอดของจุลินทรีย์โพรไบโอติกเริ่มลดลง อย่างไรก็ตามจำนวนเซลล์จุลินทรีย์โพรไบโอติกมีอัตราการอยู่รอดคงที่ในเยลลี่ที่มีน้ำผลไม้ โดยที่จำนวนเซลล์จุลินทรีย์โพรไบโอติกลดลงเพียง 0.25 ถึง 0.5 Log cycle โดยมีจำนวนเซลล์จุลินทรีย์โพรไบโอติกเหลืออยู่ที่ 8.4 Log (CFU/g) หลังจากเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 14 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมคือเยลลี่ที่ไม่ได้เติมน้ำผลไม้มีจำนวนของจุลินทรีย์โพรไบโอติกเริ่มลดลงในวันที่ 5 และลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 7 ถึงวันที่ 14 ของการเก็บรักษา โดยมีจำนวนเซลล์จุลินทรีย์โพรไบโอติกลดลง 0.67 log cycle โดยมีจำนวนเซลล์จุลินทรีย์โพรไบโอติกเหลืออยู่ที่ 6.94 Log CFU/g อย่างไรก็ตามในชุดการทดลองทั้งหมดยังคงมีจำนวนเซลล์จุลินทรีย์โพรไบโอติกมากกว่า 6 Log CFU/g ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนจุลินทรีย์โพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์ทางการค้า ซึ่งเป็นปริมาณจุลินทรีย์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ตามข้อกำหนดขององค์การอาหารและยาที่กำหนดไว้ว่าผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกยังเหลือจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ในช่วง 6 ถึง 9 Log CFU/g (พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522)

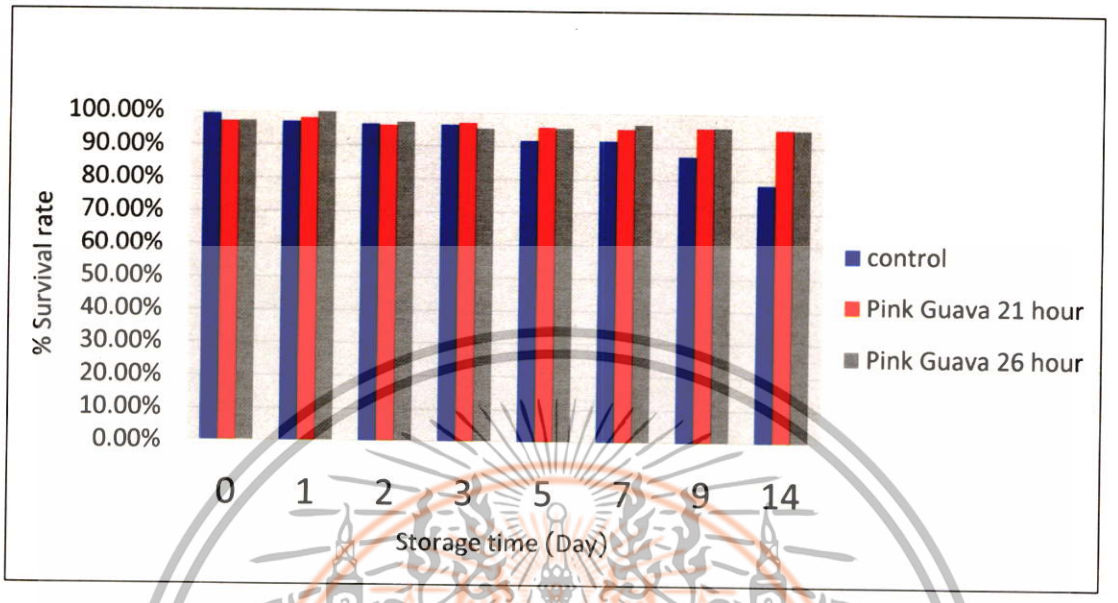
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 อัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ *Lactobacillus paracasei* LYO-150 ในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา14 วัน

เมื่อคำนวณเป็นร้อยละการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติก *Lactobacillus paracasei* LYO-Multiple 1.08 li 150 ในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติก (ภาพที่ 4.13) พบว่าอัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติกในเยลลี่พร้อมดื่มผสมน้ำฝรั่งชมพู ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษามีอัตราการรอดชีวิตที่ 95.24% ซึ่งเมื่อเก็บรักษาถึงวันที่ 2 พบว่าอัตราการรอดชีวิต ไม่แตกต่างจาก วันที่ 1 จนถึงวันที่ 14 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่เป็นเยลลี่ที่ไม่ได้ติมน้ำผลไม้ พบว่า ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกสามารถเจริญได้ดีมีอัตราการรอดชีวิตอยู่ที่ 99.32% เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น อัตราการรอดชีวิตลดลง จนถึงวันที่ 14 ของการเก็บรักษาอัตราการรอดชีวิตอยู่ที่ 78.59% ดังนั้นเมื่อใช้เยลลี่บุกกลูโคแมนแนนร่วมกับน้ำผลไม้ฝรั่งชมพู เชื้อโพรไบโอติก *Lactobacillus paracasei* สามารถรอดชีวิตอยู่ได้ จนสิ้นสุดการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.13 ร้อยละการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติก *Lactobacillus paracasei* LYO-150 กับ GOS ในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 14 วัน

เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำองุ่น (Grape) ในการศึกษาเพื่อความมีชีวิตของ *Lactobacillus paracasei* ด้วยอินูลินในองุ่นซึ่งเป็น pH ที่ 3.30 ที่คล้ายคลึงกับน้ำฝรั่งสีชมพูของเราพบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติในการลดลงของอัตราการรอดชีวิตใน 14 วัน มี log CFU / ml ลดลง 3.1 ด้วยอินูลินและ 2.9 log cycle โดยอินนูลิน . เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาความมีชีวิตของจำนวนเซลล์ลดเพียง 0.25 0.5 log cycle ที่ระยะเวลาการจัดเก็บข้อมูลเดียวกัน พิสูจน์ว่าการเสริมพรีไบโอติกและสามารถปกป้องวัสดุโพรไบโอติกจุลินทรีย์จากสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดและเพิ่มศักยภาพของโพรไบโอติกจุลินทรีย์และเมื่อนำเอาน้ำทับทิมมาเปรียบเทียบกับน้ำฝรั่งชมพู การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อการอยู่รอดของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติกแลคติกแบคทีเรียในน้ำทับทิม พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ของ *L. paracasei* และ *L. acidophilus* ลดลงเกือบ 3 log ในช่วงสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา และเซลล์ที่มีชีวิตน้อยลงหลังจาก 2 สัปดาห์ เนื่องจากไม่สามารถอยู่รอดได้ในสภาวะเครียดจาก pH ต่ำและความเป็นกรดสูงในน้ำทับทิม อีกทั้งอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างต่ำ (4°C) อย่างไรก็ตาม, ในการทดลองอัตราการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก *L. paracasei* ในเยลลี่บุกกลูโคแมนแนนผสมน้ำฝรั่งชมพู มีอัตราการอยู่รอดได้ดีกว่าเพราะด้วยบุกกลูโคแมนแนนสามารถเป็นตัวเคลือบเซลล์จากน้ำฝรั่งชมพูที่มีค่า PH ต่ำ ให้มีอัตราการรอดชีวิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากผลการทดสอบความสามารถของโพรไบโอติกในการใช้พรีไบโอติก โดยประเมินจากค่า Prebiotic activity score โดยการนำผลการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก (Probiotic bacteria) คือ *Lactobacillus paracasei* LYO-150 เปรียบเทียบกับแบคทีเรียในลำไส้ (Enteric bacteria) คือ cocktail ของ *Escherichia coli* พบว่าค่า Prebiotic activity score ของคู่ของโพรไบ โอติกและพรีไบโอติกที่มีค่า prebiotic activity score มากที่สุด คือคู่ของ *Lactobacillus paracasei* LYO-150 กับ Galactooligosaccharide (GOS) สามารถนำไปใช้พัฒนาในเยลลี่พร้อมดื่มที่มีคุณสมบัติเป็นซินไบโอติกต่อได้ จากนั้นได้พัฒนาเยลลี่พร้อมดื่มจากบุกกลูโคแมนแนนที่แปรผันความเข้มข้นเป็น 0.5, 0.75 และ 1% w/v และมีการเติมสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) พร้อมทั้งการผ่านและไม่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรส์ เพื่อศึกษาผลของความร้อนที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ รวมถึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายหลังเติมน้ำผลไม้ฝรั่งชมพู จากการศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม พบว่าเมื่อความเข้มข้นของปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีค่าความหนืดสูงขึ้น ค่าดัชนีความขาวลดลง และค่าพีเอชลดลงภายหลังจากผ่านการพาสเจอไรส์ นอกจากนี้การให้ความร้อนยังส่งผลให้ค่าความหนืดลดลงอีกด้วย ในขณะที่การเติมน้ำผลไม้มีผลต่อการเพิ่มความหนืดและค่าความเข้มสี ขณะเดียวกันก็ลดค่าพีเอชของตัวอย่าง ในส่วนของผลการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มมีลักษณะปรากฏ ความหนืดและเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า โดยเยลลี่บุกกลูโคแมนแนนที่ความเข้มข้น 0.75% w/v ที่เติมสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) มีคุณสมบัติที่เหมาะสมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้ค่าความหนืดในช่วงที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ จึงเหมาะที่จะนำพัฒนาเป็นเยลลี่บุกกลูโคแมนแนนพร้อมดื่มเสริมซินไบโอติก จากนั้นเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก *Lactobacillus paracasei* LYO-150 ร่วมกับพรีไบโอติก คือ Galactooligosaccharide (GOS) ถูกเสริมลงในเยลลี่บุกกลูโคแมนแนนพร้อมดื่มเพื่อคุณสมบัติซินไบโอติก จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน โดยอัตราการรอดชีวิตของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกในตัวอย่างที่จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น 8.56 Log CFU/g ในวันแรกของเยลลี่ที่เติมและไม่เติมน้ำผลไม้ มีอัตราการอยู่รอดคงที่ โดยลดลงเพียง 0.25 ถึง 0.5 Log cycle ในวันที่ 14 ในขณะที่เยลลี่ที่ไม่เติมน้ำผลไม้มีจำนวนเซลล์จุลินทรีย์ลดลง 1.86 Log cycle โดยเยลลี่ทั้งสองชนิดยังคงมีจำนวนเซลล์จุลินทรีย์มากกว่า 6 Log CFU/g ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ตรงตามข้อกำหนดขององค์การอาหารและยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเติมส่วนผสมของผงบุกกลูโคแมนแนนและพรีไบโอติกที่เหมาะสมมีส่วนช่วยให้เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก *Lactobacillus paracasei* LYO-150 สามารถอยู่รอดได้ในน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง ดังนั้นผงบุกกลูโคแมนแนนจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้เพื่อที่จะปกป้องจุลินทรีย์โพรไบโอติกระหว่างการขนส่งในผลิตภัณฑ์อาหาร

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 พัฒนาการใช้บุกไฮโดรไลเซทเพื่อเพิ่มค่า prebiotic score

5.2.2 สามารถนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มกับเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกอื่นได้

5.2.2 สามารถนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มกับวัตถุดิบอื่นได้ เช่น น้ำผักต่างๆ

5.2.3 สามารถศึกษาคุณสมบัติอื่นๆของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม ได้แก่ คุณสมบัติการไหล ค่าความยืดหยุ่น (springiness) และความสามารถในการเกาะกันของเนื้อเยลลี่ (cohesiveness) เป็นต้น

5.2.5 ศึกษาการรอดชีวิตในกระเพาะอาหารจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตงานวิจัย

ผลผลิตที่ได้จากงานวิจัยนี้คือ (1) ได้ผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากผงบุกกลูโคแมนแนนที่มีสมบัติเป็นซินไบโอติก เสริมสุขภาพ ที่มีผิวสัมผัสอ่อนนุ่ม พร้อมดื่ม รับประทานได้ง่าย สามารถช่วยเหลือผู้สูงอายุที่มีปัญหาในการบดเคี้ยวหรือการกลืนอาหาร เพื่อตอบสนองวิถีการบริโภคของสังคมผู้สูงอายุ (2) ได้เทคโนโลยีการผลิตเยลลี่จากผงบุกพร้อมดื่มซินไบโอติก (3) ได้องค์ความรู้จากแหล่งพรีไบโอติกชนิดใหม่ ที่มีใยอาหารสูงและเป็นสารให้ความข้นหนืดในตัวเอง (Thickening agents) และให้พลังงานต่ำ (4) โครงการวิจัยนี้มีแผนการเผยแพร่การผลงานวิจัยในการสัมมนาหรือประชุมวิชาการระดับนานาชาติ และการขออนุสิทธิบัตร (Petty Patent)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง

จิราภรณ์ สอนจิตร์. 2543. กลูโคแมนแนน ใยอาหารจากบุก. แม่โจ้ปริทัศน์. 5(1): 79-84.

ไชยวัฒน์ ไชยสุต และ ศศิธร ศิริลุน. (2553). โพรไบโอติก :จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ. วารสารสำนักการแพทย์ทางเลือก ,3(3), 4-16

นฤมล มงคลธนวัฒน์. (2016). ผลิตภัณฑ์ โพรไบโอติกที่ไม่ผลิตจากนมกับสุขภาพ. วารสาร วิทยาศาสตร์ บูรพา, 20(2), 209-220.

ไพโรจน์ วิริยจาร 2545 การประเมินทางประสาทสัมผัส จัดพิมพ์โดย คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พิมพ์ครั้งที่ 1

สาโรจน์ ศิริศันสนียกุล, บรรณาธิการ. 2554. สรรสาระเทคโนโลยีชีวภาพ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการหมัก ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิรสา สุมงคล. (2556).การเพิ่มการรอดชีวิตของแบคทีเรียโปรไบโอติกโดยวิธีการห่อหุ้มร่วมกับเส้นใยจากพืชหัว.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อุทัย เก้าเอี้ยน. 2549. โปรไบโอทิคส์. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก :http://medinfo.psu.ac.th/smj2/smj24_4/pdf24_4/07utai.pdf 29 ตุลาคม 2559

เอกลักษณ์ ทวีโรจนกุล. 2552. Probiotic และ Prebiotic คู่หูกู้วิกฤติโรคในระบบทางเดินอาหาร. Technology Promotion Magazine. 203: 66-72.

Adam, M.R.and. Moss, M.O. (1995). Food Microbiology.Royal Society Niwa, E. 1992. Chemistry of surimi gelation. 115-118. InLainier, T.C. and Lee, C.M. eds. Surimi Technology. New York: Marcel Dekke, Cambridge, UK.

Albanese, D., Cinquanta, L. and Dimatteo, M. 2007. Effects of an innovative dipping treatment on the cold storage of minimally processed Annurca apples. Choomchuay, S. 1994. On the implementation of finite field operation. Ladkrabang Engineering Journal. 11: 7-16, 105 (3), 1054-1060.

Arici, M. andCoskun, F. (2001).Hardaliye : Fermented grape juice as a traditional Turkish beverage. Food Microbiology,18,417-421.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Brands, C. M., and van Boekel, M. A. (2001). Reactions of monosaccharides during heating of Sugar-casein systems: Building of a reaction network model. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(10), 4667-4675.

Charoenrein, S., Tatirat, O., Rengsutthi, K., and Thongngam, M. (2011). Effect of konjac glucomannan on syneresis, textural properties and the microstructure of frozen rice starch gels. Carbohydrate polymers, 83(1), 291-296.

Ganzel, M., Hertel, C.,Van Der Vossen, J. andHammes, W. (1999). Effect of bacteriocin producing lactobacilli on the survival of Escherichai coli andListeria sp. in a dynamic model of the stomach and the small intestine.International Journal of Food Microbiology,48, 21-35.

Garin, N., De Pourcq, J. T., Martín-Venegas, R., Cardona, D., Gich, I., and Mangues, M. A. (2014). Viscosity differences between thickened beverages suitable for elderly patients with dysphagia. Dysphagia, 29(4), 483-488.

Granato, D., Branco, G.F., Nazzaro, F., Cruz, A.G.andFaria, J.A.F. (2010). Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,9, 292-302.

He, F., Woods, C. E., Litowski, J. R., Roschen, L. A., Gadgil, H. S., Razinkov, V. I., and Kerwin, B. A. (2011). Effect of sugar molecules on the viscosity of high concentration monoclonal antibody solutions. Pharmaceutical research, 28(7), 1552-1560.

Herranz, B., Borderias, A. J., Solo-de-Zaldívar, B., Solas, M. T., and Tovar, C. A. (2012). Thermostability analyses of glucomannan gels. Concentration influence. Food hydrocolloids, 29(1), 85-92.

Herranz, B., Tovar, C. A., Solo-de-Zaldívar, B., and Borderias, A. J. (2013). Influence of alkali and temperature on glucomannan gels at high concentration. LWT- Food Science and Technology, 51(2), 500-506.

Li, M., and Lee, T.C. (1996). Effect of cysteine on the functional properties and microstructure of wheat flour extrudates. Journal of Agricultural and Food Chemistry,44, 1871-1880.

Prado, F. C., Parada, J. L., Pandey, A. and Soccol, C. R. (2008). Trends in non-dairy probiotic beverage.Food Research International ,41, 111-125.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sharma, V. andMishra, H.N. (2013). Fermentation of vegetable juice mixture by probiotic lactic acid bacteria.Nutrafoods,12, 17-22.

Vasudha, S.and Mishra, H.N. (2013). Non dairy probiotic beverages.International Food Research Journal, 20(1), 7-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ก1. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. De Man Rogosa and Sharpe (MRS) สำเร็จรูป 55.15 กรัม
   ผงวุ้น 20 กรัม
   น้ำกรอง 1000 มิลลิลิตร

1. ชั่ง MRS สำเร็จรูป 55.15 กรัม
2. ชั่งผงวุ้น 20 กรัม
3. นำมาผสมกันแล้วละลายน้ำด้วยน้ำกรองปริมาตร 1000 มิลลิลิตร
4. นำเข้าไมโครเวฟ ละลายจนสารละลายใส
5. นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. Tryptic soy broth (TSB) สำเร็จรูป 30 กรัม
น้ำกรอง 1000 มิลลิลิตร

1. ชั่ง TSB สำเร็จรูป 30 กรัม
2. นำมาละลายน้ำด้วยน้ำกรองปริมาตร 1000 มิลลิลิตร
3. นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3. Tryptic soy agar (TSA) สำเร็จรูป 30 กรัม
   ผงวุ้น 20 กรัม
   น้ำกรอง 1000 มิลลิลิตร

1. ชั่ง TSB สำเร็จรูป 30 กรัม
2. นำมาละลายน้ำด้วยน้ำกรองปริมาตร 1000 มิลลิลิตร
3. นำเข้าไมโครเวฟ ละลายจนสารละลายใส
4. นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการทดลองการทำผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติก

ข1. ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติก

1.1 ชั่งผงบุกกลูโคแมนแนนที่ความเข้มข้นที่ 0.5 0.75 และ 1 กรัม

1.2 เติมน้ำกลั่นหรือน้ำผลไม้ปริมาตร 100 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง

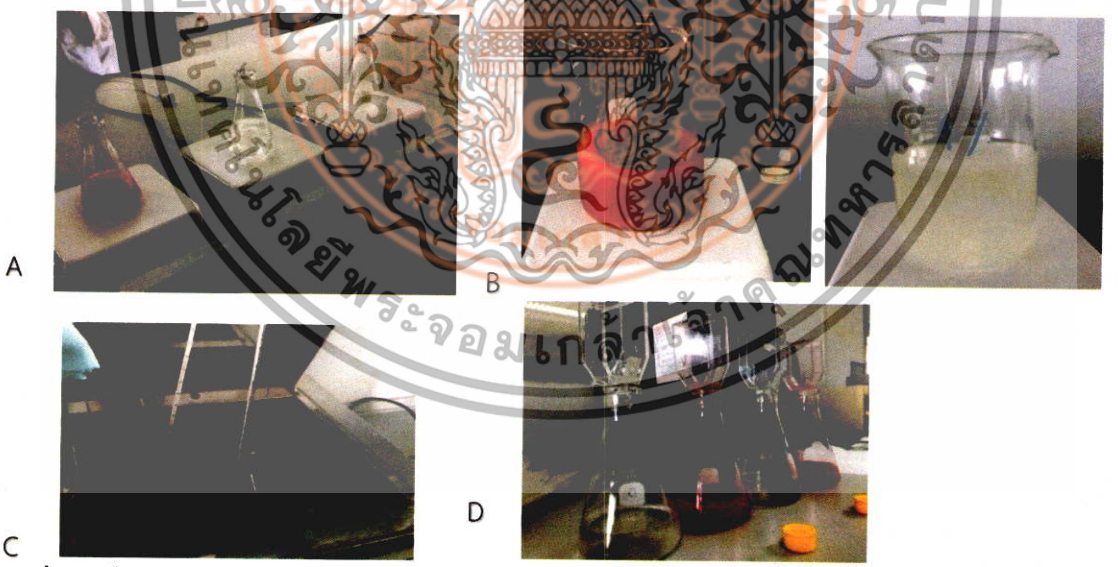
1.3 จากนั้นนำไปกวนด้วยเครื่องกวนสาร (stirrer)

1.4 ค่อยๆเติมผงบุกกลูโคแมนแนนตามความเข้มข้นร้อยละ 0.5 0.75 และ 1 โดยกวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

1.5 จากนั้นเติมสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.5 N ที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.14 % v/v ทำการกวนเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้เจลเกิดความคงตัว

1.6 แบ่งการให้ความร้อนเป็นไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์และผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วทำให้เย็นลงทันที

1.7 นำไปวิเคราะห์ค่าความหนืด ค่าสี ค่าพีเอช ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส



ภาพที่ ข.1 ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมซินไบโอติก โดยเติมผงบุกลงไปในน้ำกลั่นหรือน้ำผลไม้ (A) จากนั้นกวนผสมจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน (B) จากนั้นนำไปผ่านการพาสเจอร์ไรส์ (C) และนำไปวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากผงบุกกลูโคแมนแนนที่ศึกษา

ความเข้มข้นของผงบุก (%w/v)	สารละลายด่าง 0.5 N	น้ำผลไม้	การพาสเจอร์ไรส์	ตัวอย่างที่
0.5%	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)	เติมน้ำผลไม้	ผ่าน	1
			ไม่ผ่าน	2
		ไม่เติมน้ำผลไม้	ผ่าน	3
			ไม่ผ่าน	4
	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	เติมน้ำผลไม้	ผ่าน	5
			ไม่ผ่าน	6
		ไม่เติมน้ำผลไม้	ผ่าน	7
			ไม่ผ่าน	8
0.75%	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)	เติมน้ำผลไม้	ผ่าน	9
			ไม่ผ่าน	10
		ไม่เติมน้ำผลไม้	ผ่าน	11
			ไม่ผ่าน	12
	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	เติมน้ำผลไม้	ผ่าน	13
			ไม่ผ่าน	14
		ไม่เติมน้ำผลไม้	ผ่าน	15
			ไม่ผ่าน	16
ความเข้มข้นของผงบุก (%w/v)	สารละลายด่าง 0.5 N	น้ำผลไม้	การพาสเจอร์ไรส์	ตัวอย่างที่
1.0%	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)	เติมน้ำผลไม้	ผ่าน	17
			ไม่ผ่าน	18
		ไม่เติมน้ำผลไม้	ผ่าน	19
			ไม่ผ่าน	20
	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	เติมน้ำผลไม้	ผ่าน	21
			ไม่ผ่าน	22
		ไม่เติมน้ำผลไม้	ผ่าน	23
			ไม่ผ่าน	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ค1.วิเคราะห์ค่าความหนืด (Viscosity Measurement; Brookfield viscometer Model DV-II,)

ใช้ Brookfield Viscometer รุ่น DV II ที่ความเร็วรอบ 4 rpm และเข็มเบอร์ 31 ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้วัดความต้านทานการไหลมีหน่วยเป็น mPa (millipascal) โดยค่าที่บอกจากหน้าจอสำหรับความหนืดบอกเป็น mPa และบอก เป็น % ของ Torque

<u>วิธีการทดลอง</u>

1) ปรับลูกน้ำให้อยู่ที่จุดกึ่งกลางของกรอบ เพื่อตั้งเครื่องให้สมดุล
2) ก่อนเปิดเครื่องให้ใส่ guard
3) ทุกครั้งเมื่อเริ่มเปิดเครื่องให้ปรับ ZERO ก่อน บนหน้าจอจะบอกให้ทำตามขั้นตอนอย่างไร หลังจากเปิดเครื่องแล้วกดปุ่ม on ที่ด้านหลังของเครื่อง
4) ใสตัวอย่างให้เรียบร้อย (การเตรียมตัวอย่างใช้บีกเกอร์ขนาด 600 ml. ใสตัวอย่างปริมาตร 500 ml. จุ่มเข็มลงในตัวอย่างจนถึงระดับขีด Mark ที่กึ่งกลางเข็ม โดยใช้มือด้านหนึ่งจับแกนของมอเตอร์ให้นิ่ง ต่อเข็มเข้ากับแกนของมอเตอร์ หมุนตามเข็มนาฬิกาจนแน่น)
5) ติดตั้ง Spindle ที่เครื่องในที่นี้จะเลือกใช้ spindle 31 กดปุ่ม select spindle ที่หน้าจอ ค่า SP01 จะกระพริบ ทำการกดปุ่มลูกศรขึ้น เพื่อเลื่อนไป SP31 หลังจากนั้นทำการกดปุ่ม select spindle อีกครั้ง
6) ทำการเลือก speed ที่ใช้โดยการปรับ rpm เมื่อกดปุ่ม set speed หน้าจอค่า 0.0 rpm จะกระพริบ ทำการกดปุ่มลูกศรขึ้น เพื่อเลือกความเร็วที่ต้องการ ในที่นี้เลือก 4.0 rpm เมื่อได้แล้วทำการกดปุ่ม set speed
7) หลังจากติดตั้งค่าต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว กดปุ่ม Motor On เครื่องจะเริ่มทำงาน เริ่มจดบันทึกผลเมื่อ ค่า % ของทอร์กมีค่า 20-80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค2.วิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ

วิธีการทดลอง

วัดความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ในหลอดเซนติฟิว ขนาด 10 มิลลิลิตร ปั่นเหวี่ยงที่ 3000 × g เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นชั่งส่วนน้ำและส่วนเนื้อที่แยกกันนำมาคำนวณโดยใช้สมการ

$$\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(น้ำหนักตัวอย่าง - น้ำหนักเนื้อ)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ค2.วิเคราะห์ค่าสี (Hunter Lab; ColorQuest XE, USA)

อุปกรณ์

1) เครื่อง Hunter Lab
2) คิวเวตขนาด 50 มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

1) เลือกโปรแกรม Hunter Lab ($L^* a^* b^*$)
2) ทำการปรับมาตรฐานสีโดยใช้แผ่นเทียบสีดำมาตรฐาน แผ่นเทียบสีขาวมาตรฐานสำหรับตัวอย่างของเหลวและน้ำกลั่น
3) รินตัวอย่างของเหลวแล้วนำไปวางในตำแหน่งที่วัดสี
4) ค่าที่วัดได้เป็น $L^* a^* b^*$

วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab Miniscan, XE Plus, USA) ใช้ระบบสี CIE LAB วัดค่า L* a* และ b* โดยที่ L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว) +a* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดง และ -a* หมายถึง ค่าความเป็น สีเขียว +b* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลือง และ -b* หมายถึง ค่าความเป็นสีน้ำเงิน

นำค่าสีที่ได้มาวิเคราะห์ค่าต่างๆดังนี้

1.คำนวณค่าดัชนีความขาว (Whiteness Index, WI) จากสมการ

ค่าดัชนีความขาว = 100 – [(100-L*)2 + a*2 + b*2]1/2 (Li & Lee, 1996)

2.คำนวณค่าความเข้มสี (Chroma) โดยใช้สมการ

ความเข้มสี = $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (Albanese, Cinquanta และ Dimatteo, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ค่าความแตกต่างของค่าสี (color difference, ΔE) ระหว่างเยลลี่บุกแต่ละชนิดที่เติมและไม่เติมน้ำผลไม้จากสมการ

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$ (Albanese, Cinquanta และ Dimatteo, 2007)

โดยที่ ΔL^*, Δa^* และ Δb^* คือความแตกต่างของค่า Lightness , redness และ yellowness

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ทางเคมี

ง1.วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (AOAC, 2005)

อุปกรณ์

1) pH meter

2) บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

3) ขวดน้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

1) เปิดเครื่อง pH meter เพื่ออุ่นเครื่องก่อนวัดประมาณ 5-10 นาที

2) Calibrate เครื่องด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่า pH อยู่ในช่วงที่คาดว่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่จะวัด

3) เทน้ำตัวอย่างหรือตัวอย่างอาหารที่ต้องการวัดลงในบีกเกอร์

4) ทำการวัดค่า pH โดยแกว่งหัววัดเบาๆ เมื่อค่า pH หยุดนิ่งประมาณ 10 วินาที จดบันทึกค่าที่วัดได้

5) หลังจากใช้งานเสร็จแล้ว ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างทำความสะอาด electrode เช็ดให้แห้ง แล้วแช่ไว้ในสารละลาย 3 M KCl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ 9 Point Hedonic Scale Test สำหรับประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มเสริมชิมไบโอติกในน้ำฝรั่งชมพูผสมน้ำผักผลไม้

ชื่อ..... วันที่.....

เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบตัวอย่างในแต่ละปัจจัยที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด และกรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่างโดยกำหนดให้

9 = ยอมรับมากที่สุด 8 = ยอมรับมาก 7 = ยอมรับปานกลาง 6 = ยอมรับน้อย 5 = เฉยๆ 4 = ไม่ยอมรับเล็กน้อย 3 = ไม่ยอมรับปานกลาง 2 = ไม่ยอมรับมาก 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด

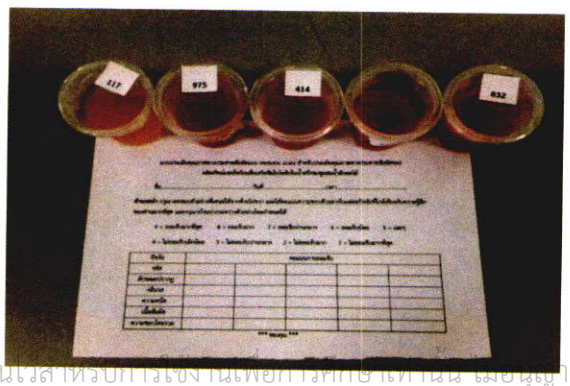
ปัจจัย	คะแนนการยอมรับ				
รหัส	560	414	832	975	117
ลักษณะปรากฏ					
กลิ่นรส					
ความหนืด					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ภาคผนวกที่ 1 ตัวอย่างใบแบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ฉ.1 ผลการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกและแบคทีเรียในลำไส้

ตารางผนวกที่ ฉ.1 ผลการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกเปรียบเทียบกับแบคทีเรียในลำไส้

Lactobacillus paracasei			*E.coli* cocktail		
KGM	1	2	**KGM**	1	2
ชั่วโมงที่ 0	$4.4^{b}x10^{6}$	$1.1^{b}x10^{6}$	**ชั่วโมงที่ 0**	$6.6^{d}x10^{5}$	$7.1^{d}x10^{5}$
ชั่วโมงที่ 24	$4.1^{a}x10^{8}$	$1.7^{a}x10^{8}$	**ชั่วโมงที่ 24**	$7.2^{a}x10^{7}$	$6.6^{a}x10^{7}$
Glucose	1	2	**Glucose**	1	2
ชั่วโมงที่ 0	$8.0^{d}x10^{4}$	$2.5^{d}x10^{4}$	**ชั่วโมงที่ 0**	$2.8^{de}x10^{5}$	$3.3^{de}x10^{5}$
ชั่วโมงที่ 24	$1.9^{a}x10^{8}$	$9.0^{a}x10^{7}$	**ชั่วโมงที่ 24**	$8.6^{c}x10^{6}$	$8.3^{c}x10^{6}$
GOS	1	2	**GOS**	1	2
ชั่วโมงที่ 0	$1.7^{c}x10^{5}$	$1.0^{c}x10^{6}$	**ชั่วโมงที่ 0**	$2.8^{e}x10^{5}$	$1.1^{e}x10^{5}$
ชั่วโมงที่ 24	$1.3^{a}x10^{8}$	$1.7^{a}x10^{8}$	**ชั่วโมงที่ 24**	$1.5^{bc}x10^{7}$	$2.4^{bc}x10^{7}$
HSI	1	2	**HSI**	1	2
ชั่วโมงที่ 0	$9.0^{c}x10^{4}$	$5.5^{c}x10^{4}$	**ชั่วโมงที่ 0**	$1.6^{de}x10^{5}$	$4.4^{de}x10^{5}$
ชั่วโมงที่ 24	$1.5^{a}x10^{8}$	$2.1^{a}x10^{8}$	**ชั่วโมงที่ 24**	$1.7^{b}x10^{7}$	$3.8^{b}x10^{7}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ2. ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืด

ตารางผนวกที่ ฉ.2 ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่ไม่เติมน้ำผลไม้

ปริมาณผงบุก	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)		โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)	
	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์
0.5%	243.00±5.65^{j}	269.95±10.67^{i}	360.50±12.02^{j}	366.75±10.53^{i}
0.75%	1923.50±68.58^{h}	1912.00±148.49^{g}	1935.00±0.00^{h}	2012.50±3.53^{g}
1%	3862.00±84.85^{ef}	4524.00±240.41^{a}	4128.00±5.65^{c}	3624.50±45.96^{a}

ตารางผนวกที่ ฉ.3 ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่เติมน้ำผลไม้

ปริมาณผงบุก	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)		โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)	
	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์
0.5%	798.60±15.13^{j}	850.05±59.75^{i}	832.05±10.96^{j}	860.25±11.10^{i}
0.75%	2898.00±57.98^{b}	1117.50±74.24^{i}	3093.00±142.83^{h}	1091.00±69.29^{i}
1%	7365.00±117.37^{d}	5984.00±615.18^{b}	7388.50±65.76^{f}	5327.50±4.94^{c}

ฉ3. ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช

ตารางผนวกที่ ฉ.4 ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่ไม่เติมน้ำผลไม้

ปริมาณผงบุก	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)		โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)	
	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์
0.5%	7.29±0.03^{a}	6.67±0.08^{e}	7.29±0.007^{a}	6.83±0.02^{c}
0.75%	7.10±0.007^{b}	6.58±0.02^{f}	7.08±0.01^{b}	6.75±0.007^{cd}
1%	7.06±0.01^{b}	6.65±0.02^{ef}	7.08±0.06^{b}	6.72±0.00^{de}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ฉ.5 ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่เติมน้ำผลไม้

ปริมาณผงบุก	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)		โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)	
	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์
0.5%	3.79 ± 0.00^{bc}	3.76 ± 0.01^{cf}	3.80 ± 0.00^{ab}	3.75 ± 0.007^{f}
0.75%	3.78 ± 0.01^{cd}	3.77 ± 0.00^{def}	3.77 ± 0.00^{def}	3.81 ± 0.007^{a}
1%	3.81 ± 0.007^{a}	3.77 ± 0.007^{cde}	3.80 ± 0.007^{ab}	3.77 ± 0.007^{cde}

ฉ4. ผลการวิเคราะห์ค่าสี

ตารางผนวกที่ ฉ.6 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความขาวในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่ไม่เติมน้ำผลไม้

ปริมาณผงบุก	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)		โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)	
	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์
0.5%	96.5188 ± 0.610318^{a}	96.0347 ± 0.006589^{a}	95.1757 ± 0.009864^{a}	94.4942 ± 0.018562^{a}
0.75%	94.8901 ± 0.011172^{b}	94.8901 ± 0.003359^{b}	94.1653 ± 0.138084^{a}	95.1757 ± 0.036282^{a}
1%	79.2414 ± 17.81746^{b}	73.9852 ± 7.764139^{bc}	64.7633 ± 0.006116^{c}	75.9916 ± 0.027931^{bc}

ตารางผนวกที่ ฉ.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มสีในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่เติมน้ำผลไม้

ปริมาณผงบุก	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)		โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)	
	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์
0.5%	45.4050 ± 0.091924^{b}	40.2100 ± 0.014142^{g}	46.3900 ± 0.056569^{a}	46.3250 ± 0.091924^{a}
0.75%	44.3900 ± 0.042426^{c}	41.5400 ± 0.056569^{f}	44.4000 ± 0.042426^{c}	39.2050 ± 0.120208^{h}
1%	43.4450 ± 0.007071^{d}	44.5300 ± 0.183848^{c}	42.3700 ± 0.084853^{e}	46.2450 ± 0.035355^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ฉ.8 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของสีระหว่างในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มที่เติมน้ำผลไม้และที่ไม่เติมน้ำผลไม้

ปริมาณ	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)		โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)	
ผงบุก	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์	ไม่พาสเจอร์ไรส์	พาสเจอร์ไรส์
0.5%	91.8500±0.01414^{c}	90.8750±0.10607^{d}	90.4700±0.05657^{de}	89.3900±0.10607^{ef}
0.75%	93.4825±0.08839^{ab}	93.2400±0.01414^{b}	93.0550±0.13435^{b}	94.1500±0.11314^{a}
1%	90.4100±0.02828^{de}	83.3000±1.12622^{f}	90.1050±0.03536^{ef}	89.3900±0.00000^{f}

ฉ4. จำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 วัน

ตารางผนวกที่ ฉ.9 อัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติก

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ชุดควบคุม (เยลลี่ที่ไม่ได้เติมน้ำผลไม้)	ชุดการทดลอง 21 ชั่วโมง(เยลลี่เสริมน้ำผลไม้)	ชุดการทดลอง 26 ชั่วโมง (เยลลี่เสริมน้ำผลไม้)
0	$7.7^{ab}\times10^{8}$	$5.6^{cd}\times10^{8}$	$5.9^{bcd}\times10^{8}$
1	$5.7^{bcd}\times10^{8}$	$6.6^{abc}\times10^{8}$	$8.3^{a}\times10^{8}$
2	$5.2^{cd}\times10^{8}$	$4.9^{cd}\times10^{8}$	$5.7^{bcd}\times10^{8}$
3	$5.1^{cd}\times10^{8}$	$5.5^{cd}\times10^{8}$	$4.2^{d}\times10^{8}$
5	$1.0^{e}\times10^{8}$	$4.4^{d}\times10^{8}$	$4.3^{d}\times10^{8}$
7	$1.1^{e}\times10^{8}$	$4.1^{d}\times10^{8}$	$5.3^{de}\times10^{8}$
9	$7.1^{f}\times10^{7}$	$4.4^{d}\times10^{8}$	$4.6^{d}\times10^{8}$
14	$9.4^{g}\times10^{6}$	$4.1^{d}\times10^{8}$	$4.1^{d}\times10^{8}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ฉ.10 ร้อยละอัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติก

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ชุดควบคุม (เยลลี่ที่ไม่ได้เติมน้ำผลไม้)	ชุดการทดลอง 21 ชั่วโมง(เยลลี่เสริมน้ำผลไม้)	ชุดการทดลอง 26 ชั่วโมง (เยลลี่เสริมน้ำผลไม้)
0	99.32^{ab}%	96.94^{cd}%	97.28^{bcd}%
1	97.05^{bcd}%	98.07^{abc}%	100^{a}%
2	96.48^{cd}%	96.14^{cd}%	97.05^{bcd}%
3	96.37^{cd}%	96.82^{cd}%	95.35^{d}%
5	91.73^{e}%	95.58^{d}%	95.46^{d}%
7	91.84^{e}%	95.24^{d}%	96.60^{dc}%
9	87.31^{f}%	95.58^{dc}%	95.80^{d}%
14	78.59^{g}%	95.24^{d}%	95.24^{d}%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย

รายการ	จำนวนเงิน
1. งบบุคลากร	
ค่าจ้างชั่วคราว ปวช./ม.6 1 คน x อัตรา 2,500.- บาท x 4 เดือน	10,000
รวม	**10,000**
2. งบดำเนินงาน (ค่าตอบแทน ค่าใช้สอย ค่าวัสดุ ค่าสาธารณูปโภค)	
2.1 ค่าใช้สอย	
1) ค่าจ้างเหมาบริการ	
- ค่าจ้างวิเคราะห์ตัวอย่าง	20,000
– ค่าจ้างทดสอบทางประสาทสัมผัส	7,000
3) ค่าใช้จ่ายสัมมนาเพื่อเผยแพร่ผลงาน	6,000
รวม	**33,000**
2.3 ค่าวัสดุ	
- วัตถุดิบ (บุก) วัสดุเคมี และจุลินทรีย์ อาหารเลี้ยงเชื้อ อุปกรณ์เลี้ยงเชื้อ วัสดุวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง การวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์	32,000
- ค่าวัสดุสำนักงาน	1,200
- วัสดุคอมพิวเตอร์	1,200
- ค่าจัดทำเล่มรายงานความก้าวหน้าและรายงานฉบับสมบูรณ์	1,600
- ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าบริการด้านสื่อสารและโทรคมนาคม	1,000
รวม	**37,000**
รวมงบดำเนินงาน(ค่าตอบแทน+ค่าใช้สอย+ค่าวัสดุ)	**80,000**
รวมงบประมาณที่เสนอขอ	**80,000**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. **ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)** ดร. อรชร เมฆเกิดชู

   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr Orachorn Mekkerdchoo

2. **เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน** 1-1002-00009-20-3

3. **ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์

4. **หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก**

   สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมัก คณะอุตสาหกรรมเกษตร

   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

   โทรศัพท์ 02-329-8526 ต่อ 7275

   โทรศัพท์มือถือ 091-879-0638

   โทรสาร 02-329-8527

   E-mail : orachorn.me@kmitl.ac.th

5. **ประวัติการศึกษา**

ระดับปริญญา	ปริญญา	ชื่อสถาบัน	ปีที่จบการศึกษา
ปริญญาตรี	วท.บ. (เทคโนโลยีชีวภาพ)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2549
ปริญญาโท	วท.ม. (เทคโนโลยีทางอาหาร)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2552
ปริญญาเอก	วท.ด. (เทคโนโลยีชีวภาพ)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2559

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัยและผู้ร่วมวิจัย :

- การประยุกต์ใช้บุกกลูโคแมนแนนไฮโดรไลเซทเพื่อเป็นเจลชินไบโอติกสำหรับผู้สูงอายุ ปี พ.ศ. 2560-61
- การพัฒนาฟิล์มต้านจุลินทรีย์ชนิดบริโภคได้ด้วยเทคนิคไลโพโซมเอนเคปซูเลชัน ปี พ.ศ.2560-61
- การจัดทำมาตรฐานผงบุกและการนำไปใช้ในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์อาหารและสมุนไพร ปี พ.ศ. 2560-61
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพลังงานต่ำจากผงบุกจากกระบวนสกัดแบบแห้ง ปี พ.ศ.2560-61

7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทำเสร็จแล้ว :

- Banerjee, A., Das, P., Mekkerdchoo, O., Borompichaichartkul, C., Basu, S., Nasipuri, M. and Srzednicki, G., A soft computing tool for species classification and prediction of glucomannan content in Amorphophallus genus. *Engineering in Life Sciences*. In press
- Mekkerdchoo, O., Borompichaichartkul, C., Perrigo, A., Srzednicki, G., Prakitchaiwattana, C. and Antonelli, A. 2016. Tracing the Evolution and Economic Potential of Konjac Glucomannan in *Amorphophallus* species (Araceae) using Molecular Phylogeny and RAPD Markers. *Phytotaxa*, 282(2), 81-106.
- Saeheng, P., Eamsakulrat, P., Mekkerdchoo, O. and Borompichaichartkul, C. 2016. Production of Konjac Glucomannan Antimicrobial Film for Extending Shelf Life of Fresh-Cut Vegetables. *Horticulturae*, 3(1): 17-25.
- Mekkerdchoo, O., Antonelli, A., Srzednicki, G., Borompichaichartkul, C. and Prakitchaiwattana, C. 2013. Taxonomy and economic potential of *Amorphophallus* species in Thailand. *Proceedings of XIth International Aroid Conference*. 11-13 December. Hanoi City, Vietnam.
- Banerjee, A., Mekkerdchoo, O., Srzednicki, G., Nasipuri, M. and Basu, S. 2013. Automatic Classification of A. muelleri Species from DNA Fingerprints of *Amorphophallus* Genus. *Proceedings of International Symposium on Agri-Foods for Health and Wealth*. August 5-8, Bangkok, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Mekkerdchoo, O., Holford, P., Borompichaichartkul, C., Wattananon, S., Srzednicki, G., and Prakitchaiwattana, C. 2012. Genetic variation among *Amorphophallus* sp. From northern Thailand and their glucomannan content. *Acta Horticulturae*, 989, 323-330.
- Mekkerdchoo, O., Antonelli, A., Srzednicki, G., Borompichaichartkul, C. and Prakitchaiwattana, C. 2012. A study of genetic diversity in *Amorphophallus* spp. from Thailand assessed by DNA sequencing and RAPD analysis. *Proceedings of Nordic Meetings on Tropical Botany*, 6-8 August. Gothenburg University, Gothenburg, Sweden
- Banerjee, A., Basu, S., Mekkerdchoo, O., Srzednicki, G. and Nasipuri, M. 2012, Automatic classification of *A. paeoniifolius* species from DNA fingerprints of *Amorphophallus* Genus. *Communications, Devices and Intelligent Systems*. pp. 580-583
- Mekkerdchoo, O., Holford, P., Srzednicki, G., Prakitchaiwattana, C., Borompichaichartkul, C., and Wattananon, S. 2011. Determination of relationships and genetic variation among Amorphophallus sp. from northern part of Thailand. *Thai Journal of Agricultural Science*. 44(5): 129-136.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr Chaleeda Borompichaichartkul

2. **เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน** 3-5299-00216-41-5

3. **ตำแหน่งปัจจุบัน** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ A-4

4. **หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก**

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 02-218-5534

โทรศัพท์มือถือ 089-855-6515

โทรสาร 02-254-4314

E-mail: chaleeda.b@chula.ac.th, chaleedab@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	ปริญญา	ชื่อสถาบัน	ปีที่จบการศึกษา
ปริญญาตรี	B.Sc (Food Science and Technology)	University of New South Wales	2543
ปริญญาเอก	Ph.D. (Food Science and Technology)	University of New South Wales	2547

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- สมบัติในเชิงความร้อนของอาหาร
- เทคโนโลยีการทำแห้ง
- Moisture sorption isotherms ของอาหาร
- การขึ้นรูปฟิล์มและการทำไมโครแคปซูล

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย:

- งานวิจัยเรื่อง "ผลของวิธีการอบแห้งต่อสารให้กลิ่นรสในข้าวหอมดอกมะลิ" ทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช พัฒนาอาจารย์ใหม่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม พ.ศ. 2548 – กันยายน พ.ศ. 2550
- งานวิจัยเรื่อง "การปรับปรุงกระบวนการอบแห้งแมคคาเดเมียโดยใช้กระบวนการอบแห้งแบบหลายขั้นตอน" ทุนวิจัยพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ สำหนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว) ระยะเวลาดำเนินการ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2550 – 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2552
- งานวิจัยเรื่อง "การพัฒนากระบวนการแปรรูปแมคคาเดเมียหลังการเก็บเกี่ยวและผลิตภัณฑ์อันเกี่ยวเนื่อง" ทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ระยะเวลาดำเนินการ ตั้งแต่วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2550 – 7 สิงหาคม พ.ศ. 2551
- งานวิจัยเรื่อง "ผลของวิธีการอบแห้ง อุณหภูมิในการอบแห้ง และปริมาณแอมิโลสต่อคุณภาพการสีของข้าวไทย" ทุนวิจัยจากศูนย์ประสานงานนักเรียนทุนรัฐบาลทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ระยะเวลาดำเนินการ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551 – 31 ตุลาคม พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- งานวิจัยเรื่อง "การผลิตผงบุกคุณภาพสูงและการนำไปใช้" ทุนวิจัยโครงการวิจัยพื้นฐานเชิงยุทธศาสตร์สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว) ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม 2553 – 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2555
- งานวิจัยเรื่อง "ฟิล์มย่อยสลายได้ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ" ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ทุนวิจัยมุ่งเป้า วช. ปีงบประมาณ 2555 ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่วันที่ ตั้งแต่ 14 สิงหาคม 2555 ถึง 15 พฤษภาคม 2557
- งานวิจัยเรื่อง "ผลของกระบวนการอบแห้งต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวจากผลไม้" ทุนงบประมาณแผ่นดิน 2556 ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่วันที่ ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2555 ถึง 31 มีนาคม 2557

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว:

- งานวิจัยเรื่อง "ผลของวิธีการอบแห้งต่อสารให้กลิ่นรสในข้าวหอมดอกมะลิ" ทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช พัฒนาอาจารย์ใหม่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม พ.ศ. 2548 – กันยายน พ.ศ. 2550
- งานวิจัยเรื่อง "การปรับปรุงกระบวนการอบแห้งแมคคาเดเมียโดยใช้กระบวนการอบแห้งแบบหลายขั้นตอน" ทุนวิจัยพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว) ระยะเวลาดำเนินการ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2550 – 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2552
- งานวิจัยเรื่อง "การพัฒนากระบวนการแปรรูปแมคคาเดเมียหลังการเก็บเกี่ยวและผลิตภัณฑ์อันเกี่ยวเนื่อง" ทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ระยะเวลาดำเนินการ ตั้งแต่วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2550 – 7 สิงหาคม พ.ศ. 2551
- งานวิจัยเรื่อง "ผลของวิธีการอบแห้ง อุณหภูมิในการอบแห้ง และปริมาณแอมิโลสต่อคุณภาพการสีของข้าวไทย" ทุนวิจัยจากศูนย์ประสานงานนักเรียนทุนรัฐบาลทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ระยะเวลาดำเนินการ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551 – 31 ตุลาคม พ.ศ. 2552
- งานวิจัยเรื่อง "การผลิตผงบุกคุณภาพสูงและการนำไปใช้" ทุนวิจัยโครงการวิจัยพื้นฐานเชิงยุทธศาสตร์สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว) ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม 2553 – 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- งานวิจัยเรื่อง "ฟิล์มย่อยสลายได้ที่มีหน้าที่เฉพาะจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ" ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ทุนวิจัยมุ่งเป้า วช. ปีงบประมาณ 2555 ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่วันที่ ตั้งแต่ 14 สิงหาคม 2555 ถึง 15 พฤษภาคม 2557
- งานวิจัยเรื่อง "ผลของกระบวนการอบแห้งต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวจากผลไม้" ทุนงบประมาณแผ่นดิน 2556 ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่วันที่ ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2555 ถึง 31 มีนาคม 2557

ผลงานตีพิมพ์

- Wiset, L., Laoprasert, P., Borompichaicahrtkul, C., Poomsa-ad, N. and Tulyathan, V. (2011) Effects of in-bin aeration storage on physicochemical properties and quality of glutinous rice cultivar RD 6. *Australian Journal of Crop Science*, 5(6), 635-640.
- Phatanayindee, S., Borompichaichartkul, C., Srzednicki, G., Craske, J. and Wootton, M. (2012) Changes Of Chemical And Physical Quality Attributes Of Macadamia Nuts During Hybrid Drying And Processing. *Drying Technology*, 30, 1870-1880.
- Adamiec, J., Borompichaichartkul, C., Srzednicki, G., Panket, W., Piriyapunsakul, S. and Zhao, J. Microencapsulation of Kaffir Lime Oil and Its Functional Properties. *Drying Technology*, 2012, 30, 914 - 920.
- Mekkerdchoo, O., Holford, P., Srzednicki, G., Prakitchaiwattana, C., Borompichaichartkul, C. and Wattananon, S. (2013) Genetic variation among *Amorphophallus sp.* from Northern Thailand and their glucomannan content. *Acta Horticulturae*, 989, 323-330.
- Impaprasert, R., Borompichaichartkul, C. and Srzednicki, G. (2013) Effects of anti-swelling agents on physicochemical properties of glucomannan from konjac corm (*Amorphophallus muelleri*). *Acta Horticulturae*, 989, 331-338.
- Borompichaichartkul, C., Chinprahast, N., Devahastin, S., Wiset, L., Poomsa-Ad, N. and Ratchapo, T. (2013) Multistage heat pump drying of macadamia nut under modified atmosphere. *International Food Research Journal*, 20(5), 2199-2203.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Impaprasert, R., Borompichaichartkul, C. and Srzednicki, G. (2014) A New Drying Approach to Enhance Quality of Konjac Glucomannan Extracted from *Amorphophallus muelleri*. Drying Technology, 32(7), 851-860.
- Rumroythum, P., Borompichaichartkul, C and Kongpensook, V. (2014) Effect of drying involving fluidisation in superheated steam on physiochemical and antioxidant properties of Thai native rice cultivars. *Journal of Food Engineering*, 123, 143-147.
- Leuangsukrerk, M., Phupoksakul, T., Tananuwong, K., Borompichaichartkul, C. and Janjarasskul, T. (2014) Properties of konjac glucomannanewhey protein isolate blend films. *LWT - Food Science and Technology*, 59, 94-100.
- Peanparkdee, M., Borompichaichartkul, C. and Duangmal, K. (2015) Effects of pH and concentration of coating materials onantioxidant activity of mulberry leaf extract microcapsules. *Acta Horticulturae*, 1088(30), 531-536.
- Srinang, J., Chatasuwankul, N. and Borompichaichartkul, C. (2015) Effect of drying methods on chemical and physical properties of osmotically dehydrated jackfruit. *Acta Horticulturae*, 1088(30), 579-582.
- Tripetch, P., Borompichaichartkul, C., Duangmal, K. and Srzednicki, G. (2016) Entrapment of 5-aminolevulinic acid under edible composite film of konjac glucomannan and chitosan. *Engineering in Life Sciences*, 16, 386-395.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้