รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปกล้วย

Development of Thai fermented sausage supplemented with bacteriocin-producing probiotic in combination with dietary fiber and resistant starch from banana processing waste

โดย

นางผุสดี ตังวัชรินทร์

นางคมแข พิลาสมบัติ

นางสาวศุภลักษณ์ สรภักดี

นายสุชาติ สุขสถิตย์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย

จากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปกล้วย

Development of Thai fermented sausage supplemented with bacteriocin-producing probiotic in combination with dietary fiber and resistant starch from banana processing waste

โดย

นางผุสดี ตังวัชรินทร์

นางคมแข พิลาสมบัติ

นางสาวศุภลักษณ์ สรภักดี

นายสุชาติ สุขสถิตย์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย

จากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการวิจัย: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปกล้วย
Development of Thai fermented sausage supplemented with bacteriocin-producing probiotic in combination with dietary fiber and resistant starch from banana processing waste
แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ 2558 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 400,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 2 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2557 ถึง 30 กันยายน 2559
ผู้วิจัย: นางผุสดี ตังวัชรินทร์ นางคมแข พิลาสมบัติ
นางสาวศุภลักษณ์ สรภักดี และนายสุชาติ สุขสถิตย์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของกล้วยและเปลือกกล้วยไข่ดิบและกล้วยน้ำว้า พบว่ากล้วยทั้งสองสายพันธุ์ มีเปลือกเป็นแหล่งเยื่อใยและเนื้อกล้วยเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต โดยกล้วยน้ำว้าดิบมีองค์ประกอบทางเคมีมีความเหมาะสมในการนำไปสกัดใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชมากกว่ากล้วยไข่ดิบ ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้ใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด ทั้งนี้ใยอาหารจากเปลือกกล้วยมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้มากกว่ารีซิสแทนต์สตาร์ชจากเนื้อกล้วย ($P \leq 0.05$) ในขณะที่รีซิสแทนต์สตาร์ชจากเนื้อกล้วยมีปริมาณสตาร์ชทั้งหมด รีซิสแทนต์สตาร์ช และนอน-รีซิสแทนต์สตาร์ชมากกว่าใยอาหารจากเปลือกกล้วย ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้ ใยอาหารมีความสามารถในการอุ้มน้ำและการอุ้มน้ำมันได้ดีกว่ารีซิสแทนท์สตาร์ช ($P \leq 0.05$) แต่รีซิสแทนต์สตาร์ชจะมีค่า L^* มากกว่าใยอาหาร ($P \leq 0.05$) จากนั้นเมื่อนำมาการศึกษาในแบบจำลองไส้กรอกอีสาน พบว่าเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่เติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบสามารถเจริญได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอกอีสาน และการเติมรีซิสแทนต์สตาร์ชและใยอาหารยังส่งเสริมให้อัตราการเจริญของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* โดยมีอัตราการเจริญสูงสุดมากกว่า และระยะเวลาหนึ่งชั่วอายุน้อยกว่ากลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอกที่ไม่เติมพรีไบโอติก ($P \leq 0.05$) อีกทั้งการเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบในแบบจำลองไส้กรอกอีสานส่งเสริมให้เชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มีสามารถยับยั้งการเจริญแบคทีเรียก่อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาผลของการเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนท์สตาร์ชความเข้มข้น 0 3 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ในไส้กรอกอีสาน พบว่าการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบในไส้กรอกอีสานช่วยส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียแลกติกและช่วยป้องกันเซลล์แบคทีเรียแลกติกให้รอดชีวิตได้ในไส้กรอกอีสานจากสภาวะที่เป็นกรดของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มของไส้กรอกอีสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยไส้กรอกอีสานทีเสริมใยอาหารความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และรีซิสแตนท์สตาร์ชความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด ($P \leq 0.05$)

การศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ พบว่าปริมาณแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาการบ่ม 2 วัน หลังจากนั้นแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชมีปริมาณลดลงเล็กน้อย โดยมีปริมาณแบคทีเรียแลกติกรอดชีวิตในไส้กรอกอีสานมากกว่ากลุ่มควบคุม ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้การเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบในไส้กรอกอีสานส่งเสริมให้เชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มีสามารถยับยั้งการเจริญแบคทีเรียก่อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จากนั้นทำการศึกษาการอายุการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ โดยการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานกลุ่มควบคุม ไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหารความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และรีซิสแตนท์สตาร์ช 6 เปอร์เซ็นต์ ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 1 2 4 8 และ 12 สัปดาห์ พบว่าไส้กรอกอีสานทุกกลุ่มมีคุณภาพด้านจุลินทรีย์ดีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่การเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพเป็นตัวแปรกำหนดอายุการเก็บรักษา โดยไส้กรอกอีสานเสริมรีซิสแตนท์สตาร์ช ใยอาหาร และกลุ่มควบคุมมีอายุการเก็บรักษา 3 2 และ 1 เดือน ตามลำดับ ดังนั้นจึงควรเลือกไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกร่วมกับรีซิสแตนท์สตาร์ชความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ นำไปทำการศึกษาเชิงระดับอุตสาหกรรมและในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักอื่นต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ : ใยอาหาร รีซิสแตนท์สตาร์ช ซินไบโอติก ไส้กรอกอีสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research title: Development of Thai fermented sausage supplemented with bacteriocin-producing probiotic in combination with dietary fiber and resistant starch from banana processing waste

Researcher: Pussadee Tangwatcharin, Komkhae Pilasombut, Supaluk Sorapakdee and Suchart Suksathit

Abstract

The objective of this study was to investigate the preliminary chemical composition of green banana pulp and peel, 'Kluay Khai' and 'Kluay Nam Hwa'. The result was shown that the fiber was main composition of banana peel and carbohydrate was main composition of banana pulp in both breeds. However, the compositions of Kluay Naw Hwa was more suitable for extract dietary fiber and resistant starch than those of Kluay Khai ($P \leq 0.05$). In addition, dietary fiber and resistant starch from banana peel and pulp were the most carbohydrate content. The dietary fiber from banana peel exhibited higher total dietary fiber, soluble dietary fiber and insoluble dietary fiber content than those of the pulp ($P \leq 0.05$). On the other hand, the resistant starch from banana pulp exhibited higher total starch, resistant starch and non-resistant starch content than those of the pulp ($P \leq 0.05$). The dietary fiber was higher water and oli holding capacity than that of resistant starch ($P \leq 0.05$). But resistant starch was lower L^* value than that of dietary fiber ($P \leq 0.05$). For the prebiotic study in femented sausage model, the result was shown that growth of *L. lactis* subsp. *lactic* in fermented sausage model supplemented dietary fiber and resistant starch was better than that in MRS broth and fermented sausage model without supplemented prebiotic. The supplement of resistant starch and dietary fiber supported growth rate of *L. lactis* subsp. *lactic* which fermented sausage supplemented prebiotic was higher μ_{max} and lower generation time than those of fermented sausage without supplemented prebiotic ($P \leq 0.05$).

For effect of dietary fiber and resistant starch from banana peel and pulp with probiotic supplemented in fermented sausage on the consumers' acceptability, at 0, 3 and 6% dietary fiber and resistant starch, the result was shown that the dietary fiber and resistant starch supplement in fermented sausage supported growth of lactic acid bacteria and provented lactic acid bacteria cells from acid condition of fermented sausage. Furthermore, the prebiotic supplement decreased purge loss of fermented sausage in aging period. The the consumers' acceptability score of fermented sausage supplemented *L. lactis* subsp. *lactic* and 3% dietaray fiber and 6% resistant starch were the highest score ($P \leq 0.05$).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For survival of pathogenic bacteria in fermented sausage supplemented synbiotic, the result was shown that lactic acid bacteria loading in fermented sausage supplemented synbiotic increased sharply after aging 2 days after that it was slightly lower. The lactic acid bacteria loading in fermented sausage supplemented synbiotic were higher than that of control group ($P \leq 0.05$). Moreover, the synbiotic supplement supported inhibition of pathogenic bacteria by *L. lactis* subsp. *lactic*.

Finally, study of shelf life of fermented sausage supplemented synbiotic, fermented sausage supplemented probiotic and 3% dietary fiber and 6% resistant starch stored at 4°C for 0, 1, 2, 4, 8 and 12 weeks. The result was shown that microbiology quality of all groups was good throughout storage time. But physical changing in fermented sausage was shelf life determination parameter. The shelf life of fermented sausage supplemented synbiotic, fermented sausage supplemented probiotic and 3% dietary fiber and 6% resistant starch and control group were 3, 2 and 1 month, respectively. Thus, fermented sausage supplemented probiotic and 6% resistant starch should be application in meat industry and study more in other fermented meat.

Key words: dietary fiber, resistant starch, synbiotic, Thai traditional fermented sausage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนบ้านลำสินธุ์ บ้านโล๊ะจังกระ เกาะเต่า และลำในใต้ และกลุ่มสตรีแปรรูปอาหารจากกล้วยจังหวัดฉะเชิงเทราที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง ตลอดจนขอบคุณหัวหน้าภาค นักวิทยาศาสตร์ บุคลากร และนักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่อำนวยความสะดวกทุกด้านในการดำเนินงานทำให้โครงการวิจัยนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดี

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2558 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผุสดี ตังวัชรินทร์
หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
3 วิธีดำเนินงานวิจัย	24
4 ผลการวิจัย	35
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	55
6 เอกสารอ้างอิง	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างสีของเปลือกกล้วยและปริมาณคาร์โบไฮเดรตของกล้วย	10
2	ปริมาณฟรุคแทนส์ชนิดต่าง ๆ ในกล้วยน้ำว้า	10
3	องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม	11
4	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วย	12
5	ปริมาณสตาร์ชกล้วย และ รีซิสแทนสตาร์ช (g/100 g น้ำหนักแห้ง) ที่ดีต่อสุขภาพ	13
6	ปริมาณสตาร์ชที่เหลือ ค่า pH และปริมาณของกรดไขมันสายสั้นทั้งหมด (SCFA) อะซิติก โพรพิโอนิก และบิวทิวริกในอุจจาระของอาสาสมัครที่ทานแป้งกล้วยดิบ (RBF) หรือแป้งกล้วยสุก (CBF) อย่างละ 30 g/d	14
7	การปนเปื้อนแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในไส้กรอกอีสานที่วางจำหน่ายในจังหวัดมหาสารคาม	23
8	สูตรการผลิตไส้กรอกอีสานเนื้อสุกร 5 กิโลกรัม	31
9	องค์ประกอบทางเคมี[1] ของเปลือกและเนื้อกล้วยไข่ดิบและกล้วยน้ำว้า	36
10	องค์ประกอบทางเคมี[1, 2] ของใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกกล้วยและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ	37
11	สมบัติทางกายภาพบางประการ[1, 2] ของผงจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ ใยอาหารและรีซิสแทนต์-สตาร์ชจากเปลือกกล้วยและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ	38
12	คะแนนการยอมรับของผู้บริโภค[1] ต่อไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน	48
13	คะแนนการยอมรับของผู้บริโภค[1] ต่อไส้กรอกอีสานที่มีการเติมรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน	48
		43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของแป้ง (I) สตาร์ช (II) และแกรนนูล (III) ของกล้วยไข่ (ก) กล้วยหอมทอง (ข) และกล้วยน้ำว้า (ค)	9
2	การจำแนกสีของเปลือกกล้วยตามวิธีการของ SH Pratt's & co	11
3	โครงสร้างโมเลกุลของอินนูลิน ไนสโตน และคีสโตน	16
4	การรอดชีวิตของเชื้อ *Lactobacillus casei* ในน้ำย่อยกระเพาะอาหารที่ค่า pH 1.5 เป็นเวลา 0 30 60 90 และ 120 นาที โดย (♦) *L. casei* อิสระ (▲) *L. casei* ยึดเกาะกับรำข้าวโอ๊ตไม่เสริมน้ำตาล และ (■) *L. casei* ยึดเกาะกับรำข้าวโอ๊ตเสริมน้ำตาล	19
5	วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณรีซิสแทนต์สตาร์ช	28
6	การเจริญของของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth (กลุ่มควบคุม) และแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ	39
7	อัตราการเจริญสูงสุด (μ_{max}) (ก) และระยะเวลาหนึ่งชั่วอายุ (generation time, λ) (ข) ของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth (กลุ่มควบคุม) และแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบโดย A-C คือ ตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)	40
8	ค่า pH (ก) และปริมาณกรดทั้งหมด (ข) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth (กลุ่มควบคุม) และแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบที่ระยะเวลาบ่มเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* 0 2 4 6 8 12 และ 24 ชั่วโมง	41
9	การเจริญของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth และแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบที่ระยะเวลาบ่มนาน 72 ชั่วโมง	42
10	การยับยั้งการเจริญของเชื้อ Listeria monocytogen (ก) Staphylococcus aureus (ข) Esherichia coli (ค) และ Samonella sp. (ง) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth และแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เสริมและเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ L. lactis subsp. lactic ที่ระยะเวลาบ่มนาน 72 ชั่วโมง	44
11	การเจริญของแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหาร (ก) และรีซิสแทนต์สตาร์ช (ข) จากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	ค่า pH ของไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหาร (ก) และรีซิสแทนต์สตาร์ช (ข) จากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ L. lactis subsp. lactic ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน	46
13	เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มของไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหาร (ก) และรีซิสแทนต์สตาร์ช (ข) จากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน	47
14	การเจริญของแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน	49
15	การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Listeria monocytogen* (ก) *Staphylococcus aureus* (ข) *Esherichia coli* (ค) และ *Samonella* sp. (ง) ในไส้กรอกอีสานที่ไม่เสริมและเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน	51
16	การรอดชีวิตของแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะการเก็บรักษา 12 สัปดาห์	52
17	ค่า pH ของไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะการเก็บรักษา 12 สัปดาห์	52
18	ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาของไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะการเก็บรักษา 12 สัปดาห์	53
19	คะแนนการยอมรับด้านสี (ก) กลิ่นรส (ข) เนื้อสัมผัส (ค) และความชอบโดยรวม (ง) ของผู้บริโภคของไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะการเก็บรักษา 12 สัปดาห์	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

กล้วยเป็นไม้ผลที่คนไทยรู้จักกันมานาน พบทุกภาคของประเทศไทย กล้วยมีถิ่นกำเนิดในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จากการสำรวจชนิดของกล้วยพบว่า กล้วยจัดอยู่ในอันดับ (oder) Scitamineae หรือ Zingiberales ประกอบด้วย 8 วงศ์ (family) (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545) โดยกล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่เป็นกล้วยที่พบทั่วไป และผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษา ซึ่งประชาชนส่วนมากนิยมนำกล้วยมาบริโภคสดและแปรรูป โดยในการแปรรูปกล้วย 1 หวี มีเศษเหลือที่ไม่สามารถนำไปแปรรูปได้ถึง 20% ประกอบด้วยกล้วยที่ไม่ได้ขนาดและไม่ได้มาตรฐาน 20% และเปลือกกล้วย 80% (ผุสดี และคณะ, ยังไม่เผยแพร่ผลงานวิจัย) จึงทำให้กลุ่มเกษตรกรที่ทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์กล้วยมักประสบปัญหาเศษเหลือทิ้งที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น จากการสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนบ้านลำสินธุ์และบ้านโล๊ะจังกระ เกาะเต่า และลำในใต้ กลุ่มสตรีพัฒนาบ้านโตนแพรทอง และโหล๊ะไฟ ได้ทราบว่าตลาดของกล้วยเมืองลุงนั้นสามารถขยายตัวได้อีกมาก กลุ่มผู้ผลิตมีการวางแผนเพื่อการส่งออกต่างประเทศอีกด้วย ดังนั้นเพื่อตอบสนองกับปริมาณความต้องการและตลาดที่เพิ่มมากขึ้น เกษตรกรจึงมีการเพิ่มปริมาณการผลิต สิ่งที่ตามมาคือปริมาณของเหลือและของเสียที่เกิดจากการผลิตได้เพิ่มมากขึ้น โดยมีปริมาณถึงวันละ 180 กิโลกรัม ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้น เกษตรกรจึงมีความต้องการนำวัสดุเศษเหลือจากการผลิตกล้วยเมืองลุง ได้แก่ กล้วยที่ไม่ได้ขนาดและไม่ได้มาตรฐาน และเปลือกกล้วย มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น และเพื่อลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม

ใยอาหารมีประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โรคหัวใจ โรคมะเร็งที่ลำไส้ใหญ่ และโรคเบาหวาน (Rodriguez et al., 2006) ใยอาหารจากผลไม้มีสมบัติดีกว่าใยอาหารจากอาหารชนิดอื่น เนื่องจากมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดและใยอาหารที่ละลายน้ำได้สูง ปริมาณกรดไฟติกและค่าแคลอรี่ต่ำ มีความสามารถในการอุ้มน้ำและไขมันดี (Figuerola et al., 2005) กล้วยดิบและเปลือกกล้วยเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี โดยมีปริมาณใยอาหารสูงถึง 50 g/100 g (Happi Emaga et al., 2007) และมีใยอาหารที่ละลายน้ำสูงถึง 13.0-21.7 g/100 g แต่มีปริมาณเซลลูโลส ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำเพียง 7-12 6.4-9.6 และ 6.4-8.4 g/100 g ตามลำดับ (Happi Emaga et al., 2008) นอกจากนี้ กล้วยยังเป็นแหล่งของฟรุคแทนส์ เช่น อินนูลิน และเคสโตส เป็นต้น ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรทชนิดฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ และมีสมบัติเป็นพรีไบโอติก โดยส่งเสริมการเจริญของโพรไบโอติก ป้องกันและรักษาโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่ เป็นสารให้ความหวานที่มีแคลอรี่ต่ำ และเพิ่มการดูดซึมของแคลเซียม (L'homme et al., 2001) นอกจากนี้ผงและใยอาหารจากเปลือกกล้วยไข่ดิบแหล่งใยอาหารทั้งหมด และใยอาหารละลายน้ำได้สูง ทำให้ผงและใยอาหารมีสมบัติอุ้มน้ำและน้ำมันได้สูงโดยมีค่าอยู่ในช่วง 86-91 และ 45-52 g/100 g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ อีกทั้งเนื้อกล้วยดิบยังเป็นแหล่งสตาร์ชสูงถึง 66 g/100 g น้ำหนักแห้ง และเมื่อทำการทดสอบสมบัติการส่งเสริมการเจริญของเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS พบว่าการเสริมรีซิสแทนต์สตาร์ชช่วยส่งเสริมให้แบคทีเรียชนิดนี้มีอัตราการเจริญและการผลิตกรดทั้งหมดสูงที่สุด และระยะเวลาของอายุชั่วชีวิตสั้นที่สุด รองลงมาคือใยอาหาร และผงเนื้อและเปลือกกล้วยไข่ดิบ ตามลำดับ (ผุสดี และคณะ, ยังไม่เผยแพร่ผลงานวิจัย) นอกจากนี้กล้วยกลุ่ม AAB มี kestose มากที่สุด รองลงมาคือกล้วยกลุ่ม AA (Agopian et al., 2008) ซึ่งเป็นกล้วยกลุ่มเดียวกันกับกล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่ ตามลำดับ ดังนั้นการนำใยอาหาร หรือรีซิสแทนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จึงมีความปลอดภัยต่อการบริโภค และเหมาะสมต่อการประยุกต์ในผลิตภัณฑ์อาหารหมัก

ไส้กรอกอีสาน หรือไส้กรอกเปรี้ยว เป็นอาหารหมักจากเนื้อสัตว์ที่มีรสเปรี้ยว อันเกิดจากการหมักน้ำตาลไปเป็นกรดโดยแบคทีเรียแลกติก มีกลิ่น-รสดี จนเป็นอาหารเลื่องชื่อที่ไม่เพียงนิยมเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่านั้น แต่ยังได้รับความนิยมจากคนทั่วทุกภาค การทำไส้กรอกอีสานขายจึงเป็นอีกอาชีพหนึ่งที่น่าสนใจ และมีผู้ประกอบการทั้งขนาดกลางและเล็กเป็นจำนวนมาก แต่ปัญหาของไส้กรอกหมักคือ ไม่สามารถควบคุมผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพสม่ำเสมอได้ โดยจะพบปัญหาการเกิดกรดและกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอเท่ากัน และกระบวนการผลิตมักไม่ถูกสุขลักษณะ โดยเฉพาะผู้ประกอบการขนาดเล็กที่ยังขาดความรู้การผลิตที่ดี เลือกซื้อเนื้อสัตว์ที่ไม่ถูกต้องตามสุขลักษณะ ซึ่งมักนิยมนำเนื้อสัตว์ที่ไม่สดมากทำการแปรรูป ทำให้ไส้กรอกอีสานมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ก่อโรคและเน่าเสียได้ โดยในปี พ.ศ. 2552 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้ตรวจพบเชื้อ *Salmonella* group E และ *Staphylococcus aureus* ในไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยผู้ประกอบการขนาดเล็กวางจำหน่ายในตลาดสด (พชร แกล้วกล้า, 2552) ซึ่งเกินจากข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.144/2546 (ต้องไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. ในตัวอย่าง 25 กรัม และไม่พบเชื้อ *Staph. aureus* ในตัวอย่าง 0.1 กรัม) ถึงแม้ว่าไส้กรอกอีสานจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่รับทานประทานแบบสุก แต่ประสิทธิภาพในการทำลายแบคทีเรียเหล่านี้ขึ้นอยู่กับระดับความร้อนที่ใช้ ปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อน และชนิดและสายพันธุ์ของแบคทีเรีย ในกรณีที่ใช้ความร้อนไม่เหมาะสม ความร้อมมีทำให้แบคทีเรียเหล่านี้บาดเจ็บเท่านั้น โดยแบคทีเรียสามารถรอดชีวิต เจริญและก่อโรคได้อีกครั้งเมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสม (Griffiths, 2005) ซึ่งวิธีควบคุมคุณภาพของไส้กรอกอีสานแนวใหม่เพื่อ คือ การใช้กล้าจุลินทรีย์เพื่อควบคุมกิจกรรมการหมักร่วมกับการเสริมพรีไบโอติก

ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปกล้วย จึงเป็นการลดวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์กล้วย เพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น และลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการประยุกต์ใช้ในไส้กรอกอีสานเพื่อความปลอดภัยในอาหาร จึงเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เพิ่มทางเลือก และเป็นการส่งเสริมการบริโภคเนื้อสัตว์ อีกทั้งเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตและการประยุกต์ใช้ใยอาหารจากวัสดุเศษเหลือในการแปรรูปอาหารให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 ศึกษาการเจริญของแบคทีเรียจากผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่มีสมบัติเป็นโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินและรอดชีวิตในแบบจำลองไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร หรือรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

1.2.2 ศึกษาการยอมรับได้ของไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร หรือรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

1.2.3 ศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร หรือรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปกล้วย แบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) การเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินที่สามารถเจริญในแบบจำลองไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ 2) ผลของการเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานต่อการยอมรับของผู้บริโภค 3) การรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ และ 4) ศึกษาการอายุการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

ทำการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกโดยพิจารณาจากการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชเป็นองค์ประกอบ ทำการวางแผนการทดลองแบบ CRD โดยมี 4 ทรีทเมนต์ คือ กลุ่มควบคุม แบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ โดยเริ่มด้วยเติมแบคทีเรียโพรไบโอติก เชื้อ *Lactococcus lactis* subsp. *lactic* ลงในแต่ละขวดแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชเป็นองค์ประกอบให้มีจำนวนเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10^5 cfu/ml แล้วทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเป็น 0 2 4 6 8 12 และ 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก น้ำตาลรีดิวซ์ ค่า pH และการรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางอาหาร แล้วทำการคัดเลือกแบคทีเรียโพรไบโอติก มา 1 สายพันธุ์ ที่เหมาะสมที่สุดต่อการส่งเสริมการผลิตกรดไขมันสายสั้นของจุลินทรีย์ การเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก และการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. monocytogenes Staph. aureus Salmonella* และ *E. coli* โดยพิจารณาการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกร่วมกับจลพลศาสตร์การเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก และการรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร เพื่อทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและกล้วยดิบในไส้กรอกอีสานต่อไป

จากนั้นนำใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชร่วมกับกับแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินที่เหมาะสมที่สุดโดยผ่านการคัดเลือกข้างต้น มาทำประยุกต์ใช้ในไส้กรอกอีสานที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยทำการศึกษาผลของการเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกในไส้กรอกต่อองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิต คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสาน โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ 3×2 factorial in CRD โดยปัจจัย A คือเปอร์เซ็นต์ของใยอาหารจากเปลือกกล้วยดิบ และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเนื้อกล้วยดิบร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกมี 3 ระดับ ได้แก่ 0 3 และ 6% และปัจจัย B คือสภาวะการหมัก 2 สภาวะ ได้แก่ บรรจุในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และแบบสด (แขวนและบ่มที่อุณหภูมิห้อง) เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ กายภาพและประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสาน แล้วทำการคัดเลือกสูตรของไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบอย่างละ 1 สูตร เพื่อทำการศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรคในระบบทางเดินอาหารในไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบต่อไป

ทำการการรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ 3×4 factorial in CRD โดยปัจจัย A คือ สูตรไส้กรอกอีสาน มี 3 ระดับ ได้แก่ กลุ่มควบคุม ไส้กรอกเสริมใยอาหารจากเปลือกกล้วยดิบความเข้มขน 3 เปอร์เซ็นต์ และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากกล้วยดิบความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัย B คือ ระยะเวลาการหมักไส้กรอกอีสานมี 4 ระดับ ได้แก่ 0 1 2 และ 3 วัน ทำการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการตรวจแบคทีเรียแลกติกและเชื้อ *L. monocytogenes Staph. aureus Salmonella* และ *E. coli* ที่รอดชีวิตในไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ

สุดท้ายทำการศึกษาการอายุการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ ทำการวางแผนการทดลองแบบ 3×6 factorial in CRD โดยปัจจัย A คือ สูตรไส้กรอกอีสาน มี 3 ระดับ ได้แก่ กลุ่มควบคุม ไส้กรอกเสริมใยอาหารจากเปลือกกล้วยความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากกล้วยน้ำว้าดิบความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัย B คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานมี 6 ระดับ ได้แก่ 0 1 2 4 8 และ 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการตรวจนับแบคทีเรียโพรไบโอติก จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา เชื้อ *L. monocytogenes Staph. aureus Salmonella* และ *E. coli* ที่รอดชีวิตในไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ คุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานโดยพิจารณาจากการยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ทำการประเมินต้นทุนและความคุ้มทุนในการผลิตไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร หรือรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตรฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.4.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1.1 ทราบถึงชนิดของแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินที่สามารถเจริญในใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ 2) ผลของการเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานต่อการยอมรับของผู้บริโภค 3) การรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ และ 4) ศึกษาการอายุการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

1.4.1.2 ทราบถึงสัดส่วนที่เหมาะสมของใยอาหาร หรือรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบของกล้วยแต่ละชนิดต่อโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยแบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถรอดชีวิตและยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคได้ ซึ่งเป็นองค์ความรู้วิทยาศาสตร์เชิงลึก และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานต่อไป

1.4.1.3 ทราบถึงสูตรของไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร หรือรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ โดยเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ตลอดจนอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่าง ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประยุกต์ใช้ใยอาหารจากวัสดุเศษเหลือในการแปรรูปผลิตภัณฑ์กล้วยให้แก่ผู้ประกอบการเนื้อสัตว์และอาหาร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1.4.1.4 ทราบถึงต้นทุนและความคุ้มทุนในการผลิตไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร หรือรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานให้แก่ผู้ประกอบการเนื้อสัตว์และอาหาร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือในการแปรรูปผลิตภัณฑ์กล้วย

1.4.1.5 ทราบถึงแนวทางในการลดปริมาณของเสียจากกระบวนผลิตผลิตภัณฑ์กล้วย เพื่อแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมให้แก่ชุมชน

1.4.2 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.4.2.1 ผู้ประกอบการเนื้อสัตว์

1.4.2.2 กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตผลิตภัณฑ์กล้วย

1.4.2.3 สำนักงานเกษตร

1.4.2.4 กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร และศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรม

1.4.2.5 กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

1.4.2.6 สำนักงานสาธารณสุข

1.4.2.7 สำนักงานพาณิชย์ สำนักงานการค้าภายใน สำนักงานพัฒนาธุรกิจการค้า สำนักงานพัฒนาชุมชน

1.4.2.8 สำนักงานการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย

1.4.2.9 นักวิจัย นักวิชาการ และอาจารย์ ตลอดจนนิสิต-นักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กล้วยเป็นไม้ผลที่คนไทยรู้จักกันมานาน เนื่องจากกล้วยมีถิ่นกำเนิดในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ กล้วยมีวิวัฒนาการถึง 50 ล้านปีมาแล้ว ดังนั้นจึงเป็นไม้ผลที่มนุษย์รู้จักบริโภคเป็นอาหารกันอย่างแพร่หลาย เชื่อกันว่ากล้วยเป็นไม้ผลชนิดแรกที่มีการปลูกเลี้ยงไว้ตามบ้าน และได้แพร่พันธุ์จากเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ไปยังดินแดนอื่น ๆ ปัจจุบันประเทศอินเดียเป็นประเทศที่มีการปลูกกล้วยมากที่สุดในโลก และมีพันธุ์กล้วยหลายชนิด อาจกล่าวได้ว่ากล้วยเป็นผลไม้ของชาวอินเดีย ต่อมามีการแพร่ขยายพันธุ์กล้วยไปตอนเหนือของอียิปต์ แอฟริกา หมู่เกาะอินดีสตะวันตก (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545)

กล้วยเป็นไม้ล้มลุกหลายชนิดในสกุล Musa วงศ์ Musaceae จัดแยกออกได้เป็น 2 จำพวก จำพวกที่แตกหน่อเป็นกอ ผลสุกเนื้อนิ่ม กินได้ มีหลายชนิดและหลายพันธุ์ เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยหอม บางชนิดผลสุกเนื้อแข็ง มักเผา ต้ม หรือเชื่อมกิน เช่น กล้วยกล้าย กล้วยหักมุก และยังมีจำพวกที่ไม่แตกหน่อเป็นกอ ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด เช่น กล้วยนวล และกล้วยผา เป็นต้น

2.1 การจำแนกกลุ่มของกล้วยตามลักษณะทางพันธุกรรม

จำแนกชนิดของกล้วยตามลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้จีโนมของกล้วยเป็นตัวกำหนดในการแยกชนิดพบว่า กล้วยที่บริโภคกันอยู่ในปัจจุบันมีบรรพบุรุษอยู่เพียง 2 ชนิดเท่านั้น คือ กล้วยป่า และกล้วยตานี กล้วยที่มีกำเนิดจากกล้วยป่ามีจีโนมทางพันธุกรรมเป็น AA ส่วนกล้วยที่มีกำเนิดจากกล้วยตานีมีจีโนมเป็น BB และกล้วยลูกผสมของทั้ง 2 ชนิด มีจีโนมเป็น AAB ABB AABB และ ABBB โดยสามารถจำแนกชนิดตามจีโนม มีดังนี้

- กลุ่ม AA ที่พบในประเทศไทยมีกล้วยป่า สำหรับกล้วยกินได้ในกลุ่มนี้มีขนาดเล็ก รสหวานกลิ่นหอม รับประทานสด ได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง กล้วยหอมจันทร์ กล้วยไข่ทองร่วง กล้วยไข่จีน กล้วยน้ำนม กล้วยไล กล้วยสา กล้วยหอม กล้วยหอมจำปา กล้วยทองกาบดำ

- กลุ่ม AAA กล้วยกลุ่มนี้มีจำนวนโครโมโซม 2n = 33 ผลจึงมีขนาดใหญ่กว่ากลุ่มแรก รูปร่างผลเรียวยาว มีเนื้อนุ่ม รสหวาน กลิ่นหอม รับประทานสดเช่นกัน ได้แก่ กล้วยหอมทอง กล้วยนาก กล้วยครั่ง กล้วยหอมเขียว กล้วยกุ้งเขียว กล้วยหอมแม้ว กล้วยไข่พระตะบอง กล้วยคลองจัง

- กลุ่ม BB ในประเทศไทยจะมีแต่กล้วยตานี ซึ่งเป็นกล้วยป่าชนิดหนึ่ง แต่ไม่ได้มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย รับประทานผลอ่อนได้ โดยนำมาใส่แกงเผ็ด ทำส้มตำ ไม่นิยมรับประทานผลแก่ เพราะมีเมล็ดมาก แต่คนไทยและคนเอเชียส่วนใหญ่รับประทานปลีและหยวก ไม่มีกล้วยกินได้ในกลุ่ม BB ในประเทศไทย แต่พบว่ามีที่ประเทศฟิลิปปินส์

- กลุ่ม BBB กล้วยในกลุ่มนี้เกิดจากกล้วยตานี (Musa balbisiana) เนื้อไม่ค่อยนุ่ม ประกอบด้วยแป้งมาก เมื่อสุกก็ยังมีแป้งมาก จึงไม่ค่อยหวาน ขนาดผลใหญ่ เมื่อนำมาทำให้สุกด้วยความร้อน จะทำให้รสชาติดีขึ้น เนื้อเหนียวนุ่ม เช่น กล้วยเล็บช้างกุด

- กลุ่ม AAB กล้วยกลุ่มนี้เกิดจากการผสมระหว่างกล้วยป่ากับกล้วยตานี เมื่อผลสุกมีรสชาติดีกว่ากล้วยกลุ่ม ABB ได้แก่ กล้วยน้ำ กล้วยน้ำฝาด กล้วยนมสวรรค์ กล้วยนิ้วมือนาง กล้วยไข่โบราณ กล้วยทองเดช กล้วยศรีนวล กล้วยขม กล้วยนมสาว แต่มีกล้วยกลุ่ม AAB บางชนิดที่มีความคล้ายกับ ABB กล่าวคือ เนื้อจะค่อนข้างแข็ง มีแป้งมาก เมื่อสุกเนื้อไม่นุ่ม ทั้งนี้อาจได้รับเชื้อพันธุกรรมของกล้วยป่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ต่าง sub species กัน จึงทำให้ลักษณะต่างกัน กล้วยในกลุ่มนี้เรียกว่า plantain subgroup ซึ่งจะต้องทำ ให้สุกโดยการต้ม ปิ้ง เผา เช่นเดียวกับกลุ่ม ABB ได้แก่ กล้วยกล้าย กล้วยงาช้าง กล้วยนิ้วจระเข้ กล้วยหิน กล้วยพม่าแหกคุก

- กลุ่ม ABB กล้วยกลุ่มนี้เป็นลูกผสมระหว่างกล้วยป่ากับกล้วยตานี มีแป้งมาก ขนาดผลใหญ่ ไม่นิยมรับประทานสด เพราะเมื่อสุกรสไม่หวานมาก บางครั้งมีรสฝาด เมื่อนำมาต้ม ปิ้ง ย่าง และเชื่อม จะทำให้รสชาติดีขึ้น ได้แก่ กล้วยหักมุกเขียว กล้วยหักมุกนวล กล้วยเปลือกหนา กล้วยส้ม กล้วยนางพญา กล้วยนมหมี กล้วยน้ำว้า สำหรับกล้วยน้ำว้าแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามสีของเนื้อ คือ น้ำว้าแดง น้ำว้าขาว และน้ำว้าเหลือง คนไทยรับประทานกล้วยน้ำว้าทั้งผลสด ต้ม ปิ้ง และนำมาประกอบอาหาร นอกจากนี้ยังมีกล้วยน้ำว้าดำ ซึ่งเปลือกมีสีครั่งปนดำ แต่เนื้อมีสีขาว รสชาติอร่อยคล้ายกล้วยน้ำว้าขาว สำหรับกล้วยตีบเหมาะที่จะรับประทานผลสด เพราะเมื่อนำไปย่าง หรือต้มจะมีรสฝาด

- กลุ่ม ABBB กล้วยในกลุ่มนี้เป็นลูกผสมเช่นกันจึงมีแป้งมาก และมีอยู่พันธุ์เดียวคือ กล้วยเทพรส หรือกล้วยทิพรส ผลมีขนาดใหญ่มาก บางทีมีดอกเพศผู้หรือปลี บางทีไม่มี ถ้าหากไม่มีดอกเพศผู้จะไม่เห็นปลี และมีผลขนาดใหญ่ ถ้ามีดอกเพศผู้ ผลจะมีขนาดเล็กกว่า มีหลายหวีและหลายผล การมีปลีและไม่มีปลีนี้เกิดจากการกลายพันธุ์แบบกลับไปกลับมาได้ ดังนั้นจะเห็นว่าในกอเดียวกันอาจมีทั้งกล้วยเทพรสมีปลี และไม่มีปลี หรือบางครั้งมี 2 - 3 ปลี ในสมัยโบราณเรียกกล้วยเทพรสที่มีปลีว่า กล้วยทิพรส กล้วยเทพรสที่สุกงอมจะหวาน เมื่อนำไปต้มมีรสฝาด

- กลุ่ม AABB เป็นลูกผสมมีเชื้อพันธุกรรมของกล้วยป่ากับกล้วยตานี กล้วยในกลุ่มนี้มีอยู่ชนิดเดียวในประเทศไทย คือ กล้วยเงิน ผลขนาดใหญ่รูปร่างคล้ายกล้วยไข่ เมื่อสุกผิวสีเหลืองสดใส เนื้อผลสีส้ม มีแป้งมาก รับประทานผลสด

นอกจากกล้วยดังที่ได้กล่าวแล้วยังมีกล้วยป่าที่เกิดในธรรมชาติซึ่งมีเมล็ดมาก ทั้งกล้วยในสกุล *Musa acuminata* และ *Musa itinerans* หรือที่เรียกว่า กล้วยหก หรือกล้วยอ่างขาง และกล้วยป่าที่เป็นกล้วยประดับ เช่น กล้วยบัวสีส้ม และกล้วยบัวสีชมพู

ในที่นี้จะกล่าวถึงชนิดของกล้วยที่นำมาผลิตใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชได้แก่

- กล้วยไข่

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Musa suerier* (AA group) " Kluai Khai"

ชื่ออื่น ๆ : กล้วยกระ

ชื่อสามัญ : Pisang Mas

กล้วยไข่มีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 2.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 16 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวปนเหลือง มีประดำหนา ด้านในเป็นสีชมพูแดง ก้านใบสีเขียวอมเหลืองมีร่องกว้าง โคนก้านใบมีปีกสีชมพู ก้านช่อดอกมีขนอ่อน ใบประดับรูปไข่ ม้วนงอขึ้น ปลายค่อนข้างแหลมด้านบนสีแดงอมม่วง ด้านล่างที่โคนกลีบสีซีด กลีบรวมใหญ่สีขาว ปลายสีเหลืองกลีบรวมเดี่ยวไม่มีสีเกสรตัวผู้และตัวเมียมีความยาวใกล้เคียงกันแต่เกสรตัวเมียจะสูงกว่าเล็กน้อยเกสรตัวเมียมีสีเหลืองส่วนเกสรตัวผู้มีสีชมพู เครือหนึ่งประมาณ 7 หวี หวีหนึ่งประมาณ 14 ผล ผลค่อนข้างเล็ก กว้าง 2 – 3 เซนติเมตร ยาว 8- 10 เซนติเมตร ก้านผลสั้นเปลือกค่อนข้างบาง เมื่อสุกมีสีเหลืองปนใส บางครั้งมีจุดดำเล็ก ๆ ประปราย เนื้อสีครีมอมส้ม รสหวาน ทั้งนี้ กล้วยไข่ปลูกกันมากเป็นการค้าที่จังหวัดกำแพงเพชร ตาก นครสวรรค์ เพชรบุรี และปลูกทั่วไปในสวนหลังบ้านในทุกภาคของประเทศไทย เพราะเป็นกล้วยที่รสชาติดีและใช้ในเทศกาลสารทไทย ผลรับประทานสด และเป็นเครื่องเคียงของข้าวเม่าคลุก และกระยาสารท นอกจากนี้ยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ทำกล้วยเชื่อม ข้าวเม่าทอด และกล้วยบวชชี ปัจจุบันกล้วยไข่เป็นสินค้าออกาที่ส่งไปยัง ประเทศสิงคโปร์ ญี่ปุ่น และฮ่องกง (วิกิพีเดีย, 2554)

กล้วยเมืองลุง กล้วยไข่กรอบแก้ว หรือ "สแน็คพื้นบ้าน" รสชาติหวาน กรอบ อร่อย เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ของจังหวัดพัทลุง ฝีมือกลุ่มชาวบ้านลำสินธุ์ และบ้านโล๊ะจังกระ จังหวัดพัทลุง ซึ่งผลิตได้ตามมาตรฐานของคณะกรรมการอาหารและยา และมาตรฐานอาหารฮาลาล ที่สำคัญคือผ่านการตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐาน ของบริษัท บริษัท ซีพี ออลล์ จำกัด (มหาชน) จนสามารถทำสัญญาคู่ค้ากับเซเว่นอีเลฟเว่น เพื่อวางจำหน่ายสินค้ากล้วยไข่กรอบแก้วในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ และทางกลุ่มยังมีแผนที่จะขยายตลาดไปทั่วประเทศ นอกจากนี้กำลังเจรจาเพื่อเป็นคู่ค้ากับบริษัทนำเข้าสินค้าไปประเทศจีนด้วย ขณะนี้สามารถสร้างรายได้เข้ากลุ่มกว่า 1.2 ล้านบาทต่อปี นับเป็นความสำเร็จที่เกิดจากความร่วมมือร่วมใจของคนในชุมชน ช่วยสร้างรายได้เสริมให้กับคนในท้องถิ่นได้มากถึงเดือนละ 4-5 พันบาท ในกระบวนการผลิตจะเลือกใช้กล้วยไข่ เก็บก่อนแก่ โดยซื้อกล้วยไข่ที่มีลักษณะดิบสีเขียวจนถึงเริ่มสุกมีสีเขียวอมเหลือง (ระยะที่ 1-3) จากชาวสวนในพัทลุง ซึ่งจะใช้กล้วยวันละประมาณ 200-300 กิโลกรัม ทำให้มีวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตถึงวันละ 90 กิโลกรัม คือ กล้วยที่ไม่ได้ขนาดและไม่ได้มาตรฐานและเปลือกกล้วย ทำให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมแก่ชุมชน

- กล้วยน้ำว้า

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Musa sapientum* Linn. (AAB group) “Kluai Namwa” เป็นพืชที่คนส่วนใหญ่รู้จักดีมากที่สุด ชนิดหนึ่งที่พัฒนามาจากลูกผสมระหว่างกล้วยป่ากับกล้วยตานี นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ปลูกง่าย รสชาติดี ผลสุกนอกจากจะใช้รับประทานเป็นผลไม้แล้ว ยังสามารถนำมาปรุงอาหารคาวหวาน และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ อีกหลายชนิด ได้แก่ กล้วยตาก ทอฟฟี่ กล้วยทอด กล้วยบวชชีกระป๋อง กล้วยในน้ำเชื่อมกระป๋อง เป็นต้น ส่วนใบตองสดสามารถนำไปใช้ห่อของ ทำงานประดิษฐ์ ศิลปะต่าง ๆ กาบสดใช้สำหรับการแทงหยวกประกอบเมรุในการฌาปนกิจศพ หัวปลียังใช้รับประทานแทนผักได้ดีอีกด้วย จากการที่กล้วยเป็นผลไม้ที่รับประทานง่าย ราคาถูก และสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ส่งขายทั้งภายในและต่างประเทศได้

กล้วยมีถิ่นกำเนิดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นพืชล้มลุกในสกุล มูซา (Musa) มีมากกว่า 1,000 สายพันธุ์ แต่สายพันธุ์ที่นิยมปลูกแพร่หลายและคนไทยส่วนใหญ่นิยมรับประทานประกอบด้วย กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยหอมเขียว กล้วยไข่ กล้วยหักมุก กล้วยเล็บมือนาง ส่วนที่เป็นสายพันธุ์พื้นบ้าน ประกอบด้วย กล้วยนิ้วมือนาง กล้วยนางพญา กล้วยนาค กล้วยหิน กล้วยงาช้าง และกล้วยเทพรส เป็นต้น ทุกส่วนของกล้วยใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดแต่สำหรับผลกล้วยนั้นมีคุณค่าอาหารให้พลังงานและสารอาหารที่เป็นประโยชน์แก่ร่างกายหลายอย่าง ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต 18-31% โปรตีน 1.0-1.8% วิตามินเอ 116-375 หน่วยสากล วิตามินซี 7-16 มิลลิกรัม รวมทั้งยังเป็นแหล่งแมกนีเซียมและโปแตสเซียม เป็นต้น (ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา, 2544)

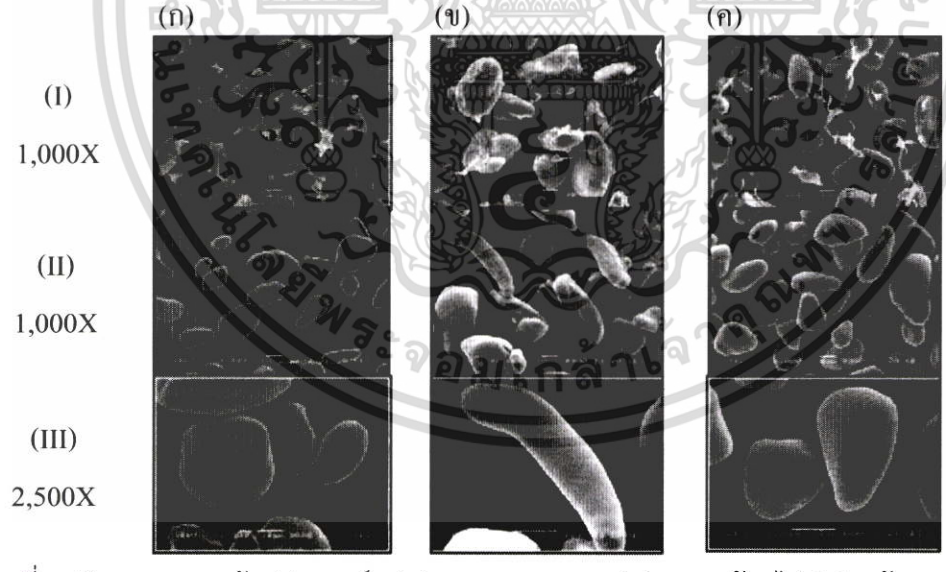
2.1.1 สายพันธุ์ของกล้วย

การศึกษาผลของการผลิตแป้งจากกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม พบว่าลักษณะของเม็ดแป้งกล้วยน้ำว้า และกล้วยหอมมีลักษณะยาวรี แต่เม็ดแป้งกล้วยน้ำว้ามีขนาดใหญ่กว่า จากการวัดความหนืดด้วยเครื่องอะไมโลกราฟ พบว่าชนิดกล้วยไม่มีผลต่อความหนืดสูงสุดของแป้งกล้วย แต่แป้งจากกล้วยน้ำว้ามีค่าความหนืดที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสสูงกว่าแป้งกล้วยหอม ส่วนปริมาณผลผลิตของแป้งจากกล้วยน้ำว้ามีค่าสูงกว่ากล้วยหอม เมื่อทำการวัดสีพบว่าแป้งกล้วยน้ำว้ามีค่า L^* ต่ำกว่า ส่วนค่า a^* สูงกว่าแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้วยหอม แต่ค่า b^* ไม่แตกต่างจากแป้งกล้วยหอม เมื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของแป้งกล้วยพบว่าชนิดของกล้วยไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยและเถ้าของแป้งกล้วย แต่แป้งจากกล้วยน้ำว้ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าแป้งจากกล้วยหอม (ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา, 2544)

นอกจากนี้ จากการศึกษาการผลิตแป้งและสตาร์ชจากกล้วยกลุ่ม AA (กล้วยไข่; KH) AAA (กล้วยหอมทอง; HT) และ ABB (กล้วยน้ำว้า; NW) ทำได้โดยการอบแห้งผล บด และร่อนผ่านตะแกรง จากนั้นนำแป้งที่ได้มาสกัดเป็นสตาร์ช โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.05 นอร์มัล แป้งกล้วยไข่, กล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าที่ผลิตมีร้อยละของผลได้จากน้ำหนักผลสดเท่ากับ 48.12 56.50 และ 54.50% ตามลำดับ ส่วนสตาร์ชของกล้วยทั้งสามชนิด มีค่าร้อยละผลได้จากแป้งเท่ากับ 30.37% (กล้วยไข่) 29.67% (กล้วยหอมทอง) และ 33.18% (กล้วยน้ำว้า) ($P > 0.05$) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วย (โปรตีน ไขมัน และเถ้า) พบว่ามีค่ามากกว่าสตาร์ช และมีค่าแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ เมื่อตรวจสอบลักษณะเม็ดสตาร์ชด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบแสงส่องกราด (SEM) พบว่าเม็ดสตาร์ชจากกล้วยสามชนิดมีผิวเรียบ และ มีลักษณะกลม, กลมยาว และยาวรี (ภาพที่ 1) กราฟความหนืดของแป้งและสตาร์ชจากกล้วยที่ได้จากเครื่องวัดความหนืดแบบรวดเร็ว (RVA) พบว่ามีลักษณะคล้ายกราฟความหนืดของสตาร์ชถั่วเขียว โดยแป้งกล้วยทุกสายพันธุ์มีค่าความหนืดสูงสุด เบรกดาวน์ เซตแบค และความหนืดสุดท้ายต่ำกว่าสตาร์ชกล้วย (ไพลำภา นิ่มสังข์ มาศอุบล ทองงาม และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)



ภาพที่ 1 ลักษณะของแป้ง (I) สตาร์ช (II) และแกรนนูล (III) ของกล้วยไข่ (ก) กล้วยหอมทอง (ข) และกล้วยน้ำว้า (ค)

ที่มา: ไพลำภา นิ่มสังข์ มาศอุบล ทองงาม และ อรอนงค์ นัยวิกุล (2550)

นอกจากการเปลี่ยนสีของเปลือกกล้วยแล้ว ยังมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกล้วย โดยเมื่อกล้วยยังอยู่ในระยะที่ 1 คือกล้วยดิบสีเขียว จะมีปริมาณน้ำตาลต่ำ แต่สตาร์ชสูง เมื่อกล้วยสุกมาขึ้น สีของเปลือกกล้วยจะเหลืองมากขึ้น สตาร์ชจะถูกเปลี่ยนให้เป็นน้ำตาล ดังปฏิกิริยาด้านล่าง ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น แต่สตาร์ชลดลง (Caussiol, 2001) ดังตารางที่ 1 และยิ่งไปกว่านั้น จากการศึกษาปริมาณฟรุคแทนส์ ซึ่งมีสมบัติเป็นพรีไบโอติกในกล้วยน้ำว้าดิบและสุก พบว่า กล้วยน้ำว้าสุกจะมีปริมาณคีสโตสและอินนูลินสูงกว่ากล้วยน้ำว้าดิบ (Judprasong, Tanjor, Puwastien and Sungpuag, 2011) ดังตารางที่ 2 ขณะที่กล้วยกำลังสุก แทนนินในเนื้อกล้วยและเปลือกกล้วยจะลดลง (Caussiol, 2001)

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของเปลือกกล้วยและปริมาณคาร์โบไฮเดรตของกล้วย

ระยะของกล้วย	สีของเปลือกกล้วย	ปริมาณน้ำตาล (%)	ปริมาณสตาร์ช (%)
1	all green	0.1-2.0	21.5-19.5
2	green-trace of yellow	2.0-5.0	19.5-16.5
3	more green than yellow	3.5-7.0	18.0-14.5
4	more yellow than green	6.0-12.0	15.0-9.0
5	green tip	10.0-18.0	10.5-2.5
6	all yellow	16.5-19.5	4.0-1.0
7	yellow flecked with brown	17.5-19.0	2.5-1.0

ที่มา: Caussiol (2001)

ตารางที่ 2 ปริมาณฟรุคแทนส์ชนิดต่าง ๆ ในกล้วยน้ำว้า

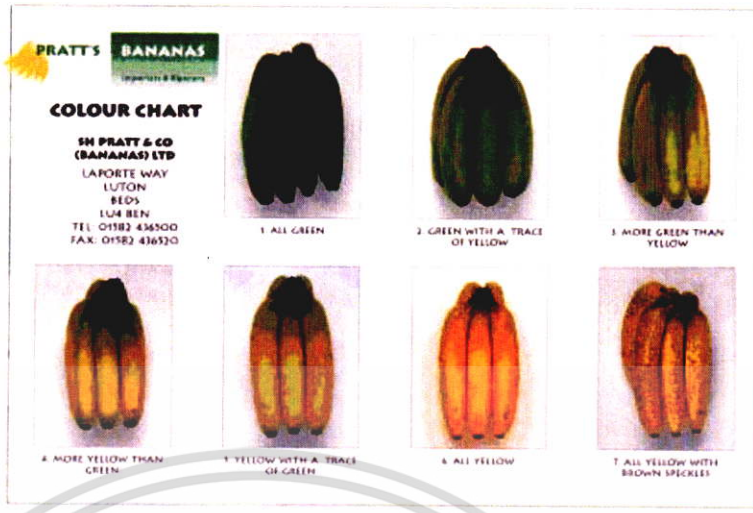
ระยะของกล้วย	ความชื้น (g/100 g)	kestose (fructooligosaccharide, FOS) (g/100 g น้ำหนักเปียก)	inulin-type fructans (g/100 g น้ำหนักเปียก)
กล้วยน้ำว้าสุก	64.7	0.09	0.40
กล้วยน้ำว้าดิบ	67.3	0.02	0.06

ดัดแปลงจาก: Judprasong, Tanjor, Puwastien and Sungpuag (2011)

2.1.2 ระยะของผลกล้วย

ผลกล้วยภายหลังการที่แก่เต็มที่สีของเปลือกจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยแบ่งระยะตามวิธีของ SH Pratt's & co ดังภาพที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 การจำแนกสีของเปลือกกล้วยตามวิธีการของ SH Pratt's & co
ที่มา: Caussiol (2001)

glucose-1-phosphate ⟶ uridine diphosphate-D-glucose +

1. fructose 6 phosphate ⟶ (sucrose phosphate synthase) ⟶ sucrose phosphate

2. sucrose phosphate ⟶ (phosphatase) ⟶ sucrose + Pi

2.1.3 องค์ประกอบทางเคมีของกล้วย

ในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม พบว่า องค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่พบว่ากล้วยน้ำว้ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ค่าสูงกว่ากล้วยหอม ($P \leq 0.05$) (ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา, 2544) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม

องค์ประกอบทางเคมี	กล้วยน้ำว้า	กล้วยหอม
ความชื้น	63.92%	66.59%
โปรตีน	0.63%	0.87%
ไขมัน	0.78%	0.78%
เยื่อใย	0.40%	0.30%
เถ้า	1.92%	1.11%
ความเป็นกรด-ด่าง	6.40%	5.90%
น้ำตาลรีดิวซ์	0.36%	0.22%

ที่มา: ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วย

จากตารางที่ 4 เป็นการแสดงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วยดังนี้

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วย

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (g/100 g dry matter)
โปรตีน	8.6±0.1
ไขมัน	13.1±0.2
แป้ง	12.78±0.9
เถ้า	15.25±0.1
ใยอาหารทั้งหมด	50.25±0.2

ที่มา: Wachirasiri et al. (2009)

2.1.5 คุณค่าทางโภชนการของกล้วย

2.1.5.1 รีซิสแทนต์สตาร์ช (Resistant starch หรือ RS) ในปัจจุบันอาหารสุขภาพมีแนวโน้มความต้องการจากผู้บริโภคมากยิ่งขึ้นทั้งภายในและต่างประเทศ ที่สำคัญ รีซิสแทนต์สตาร์ช ซึ่งพบได้ในพืชกลุ่มแป้ง มีความทนทานต่อระบบการย่อยอาหาร ไม่สามารถดูดซึมผ่านผนังเซลล์ลำไส้เล็กของคนปกติทั่วไป จึงให้คุณประโยชน์ต่อสุขภาพเช่นเดียวกับใยอาหาร (Dietary fiber) ย่อยสลายเป็นน้ำตาลได้ช้าในระบบทางเดินอาหาร ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ในสภาวะควบคุม และรีซิสแทนต์สตาร์ช ยังช่วยให้ระบบทางเดินอาหารทำงานได้ดี เสริมสร้างร่างกายให้แข็งแรงและมีสุขภาพที่ดี

เนื่องจากกล้วยดิบจนถึงห่าม มีรีซิสแทนต์สตาร์ชสูง การบริโภคกล้วยเป็นประจำนั้นถือเป็นทางเลือกที่ดีต่อสุขภาพ เพราะมีอัตราการย่อยที่ช้ากว่าแป้งอื่นๆ และการเปลี่ยนแปลงสตาร์ชเป็นกลูโคสอย่างช้าๆ จะได้ช่วยลดอัตราการดูดซึมและการเปลี่ยนเป็นพลังงานทำให้ร่างกายได้รับพลังงานที่ต่ำลง นอกจากนี้ RS ของกล้วยยังมีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (Prebiotic) ซึ่งเป็นอาหารที่ดีสำหรับจุลินทรีย์กลุ่มแลกโตบาซิลลัส เป็นผลให้การทำงานของระบบทางเดินอาหารเป็นปกติดี จึงสามารถช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อโรคอายุรกรรมต่างๆ ได้ เช่น โรคเบาหวาน โรคอ้วน โรคหลอดเลือดอุดตัน โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง เป็นต้น เพื่อเป็นทางเลือกการบริโภคอาหารที่ดีต่อสุขภาพ คณะวิจัยได้ทำการศึกษารีซิสแทนต์สตาร์ชในอาหารจำพวกแป้งกลุ่มต่างๆ 29 ชนิด ได้แก่ ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว ผลิตภัณฑ์เส้น ถั่วและเมล็ดพืช รวมทั้ง กล้วย 11 สายพันธุ์ ได้ทำการตรวจสอบปริมาณรีซิสแทนต์สตาร์ช สตาร์ชทั้งหมด และสตาร์ชที่ย่อยได้ ด้วยวิธีการเอนไซม์ pepsin α-amylase และ amyloglucosidase ภายใต้อุณหภูมิและระยะเวลาที่ควบคุม พบว่า ปริมาณรีซิสแทนต์สตาร์ช ในกลุ่มถั่ว มีค่าระหว่าง 10.3 - 22.9 % กลุ่มผลิตภัณฑ์วุ้นเส้น มีค่าระหว่าง 9.1 - 11.3 % สำหรับกลุ่มข้าวเมื่อเปรียบเทียบขนมจีนกับข้าวหุงสุกพบว่าการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวด้วยวิธีการหมักมีผลทำให้ปริมาณรีซิสแทนต์สตาร์ชสูงขึ้น โดยที่ขนมจีนมีค่า 8.5 % ขณะที่ข้าวหุงสุกมีค่า 7.1 % สำหรับ ข้าวตัง ข้าวเกรียบและข้าวเกรียบว่าวพร้อมรับประทานมีรีซิสแทนต์สตาร์ช 2-3 % และสแน็คข้าวที่ผลิตด้วยกระบวนการเอ็กซทรูชันมีปริมาณต่ำสุด ในขณะที่กลุ่มผลิตภัณฑ์เส้นจากข้าว พบว่าเส้นหมี่มีรีซิสแทนต์สตาร์ชสูงกว่าเส้นเล็กและแผ่นแป้ง

ปริมาณรีซิสแทนต์สตาร์ชจากแป้งกล้วยดิบสายพันธุ์ที่นิยมรับประทาน เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยหอม กล้วยเล็บมือนาง และกล้วยหักมุก พบว่ามีปริมาณรีซิสแทนต์สตาร์ช 52.2 - 61.4% (ของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง) โดยที่กล้วยหักมุกมีปริมาณสูงสุด 61.4% รองลงมาเป็น กล้วยไข่ 57.7% และกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็บมือนาง 57% ขณะที่กลุ่มกล้วยพื้นบ้าน พบว่า แป้งกล้วยหินมีรีซิสแทนต์สตาร์ชสูงสุด 68.1% รองลงมาเป็น กล้วยนางพญา 66.8% เมื่อตรวจสอบอัตราการย่อยตัวอย่างอาหาร 10 ชนิดพบว่าตัวอย่างจากกลุ่มถั่วโดยเฉพาะถั่วแดงมีอัตราการย่อยช้าสุด ขณะที่แป้งกล้วยมีอัตราการย่อยช้าปานกลาง ส่วนแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังมีอัตราเร็วมากกว่าตัวอย่างอื่น (ตารางที่ 5) (Vatanasuchart et al., 2009)

ตารางที่ 5 ปริมาณสตาร์ชกล้วย และ รีซิสแทนสตาร์ช (g/100 g น้ำหนักแห้ง) ที่ดีต่อสุขภาพ

ตัวอย่างกล้วย	สตาร์ชทั้งหมด	สตาร์ชที่ย่อยได้	รีซิสแทนด์สตาร์ช
กล้วยที่นิยมรับประทาน			
กล้วยน้ำว้า	79.7 ± 1.1	23.0 ± 4.8	56.6 ± 5.8
กล้วยไข่	91.0 ± 3.1	33.3 ± 1.9	57.7 ± 1.1
กล้วยหอม	80.5 ± 0.3	28.2 ± 4.5	52.2 ± 4.1
กล้วยเล็บมือนาง	72.1 ± 3.4	15.1 ± 3.2	57.0 ± 0.2
กล้วยหักมุก	72.3 ± 1.8	10.9 ± 0.5	61.4 ± 2.3
กล้วยพื้นบ้าน			
กล้วยหิน	72.7 ± 1.4	4.6 ± 0.6	68.1 ± 2.0
กล้วยงาช้าง	75.5 ± 1.1	11.0 ± 0.5	64.5 ± 1.7
ล้วยเล็บช้างกุด	88.7 ± 1.1	38.0 ± 0.7	50.7 ± 0.3
กล้วยนางพญา	91.0 ± 0.7	24.1 ± 3.9	66.8 ± 4.6
กล้วยพม่าแหกคุก	91.4 ± 0.0	31.3 ± 0.7	60.1 ± 0.7
กล้วยเทพรส	82.4 ± 0.7	23.9 ± 0.0	58.5 ± 0.7

ที่มา: Vatanasuchart et al. (2009)

นอกจากนี้จากการศึกษาสมบัติความเป็นพรีไบโอติกของแป้งกล้วยที่มีปริมาณรีซิสแทนต์สตาร์ชสูงด้วยการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันสายสั้นในอุจจาระของอาสาสมัครที่ทานแป้งกล้วยสุก หรือแป้งกล้วยดิบอย่างละ 30 g/d พบว่าอุจจาระของอาสาสมัครที่ทานแป้งกล้วยดิบมีปริมาณกรดไขมันสายสั้นทั้งหมด อะซิติก โพรพิโอนิก และบิวทิวริกมากกว่าอุจจาระของอาสาสมัครที่ทานแป้งกล้วยสุก (ตารางที่ 6) เนื่องจากแป้งกล้วยดิบมีปริมาณรีซิสแทนต์สตาร์ชที่มีองค์ประกอบของสารอาหารที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ในลำไส้เล็กตอนปลายและลำไส้ใหญ่ ทำให้จุลินทรีย์เหล่านี้ผลิตกรดไขมันสายสั้น อีกทั้งปริมาณของบิวทิวริกยังเป็นการบ่งชี้ถึงการที่จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่สามารถใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยได้ (Langkilde et al., 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ปริมาณสตาร์ชที่เหลือ ค่า pH และปริมาณของกรดไขมันสายสั้นทั้งหมด (SCFA) อะซิติก โพรพิโอนิก และบิวทิวริกในอุจจาระของอาสาสมัครที่ทานแป้งกล้วยดิบ (RBF) หรือแป้งกล้วยสุก (CBF) อย่างละ 30 g/d

	Ordinary diet plus 30 g CBF/d	Ordinary diet plus 30 g RBF/d	*P*
Total starch in residue (mg)	0.5±0.5[1]	12±1	0.0004
pH	5.48±0.04	5.12± 0.03	0.0001
Total SCFA			
(mmol/L)	107±3.1	120±2.8	<0.0001
(mmol/g ileal substrate)	7±0.2	5.5±0.1	<0.0001
Acetate			
(mmol/L)	54±2	62.3±3	<0.0001
(mmol/g ileal substrate)	3.5±0.1	2.9±0.1	<0.0001
Molar ratio (%)	55±0.8	55±1	NS
Propionate			
(mmol/L)	18.3±0.6	17±0.5	0.0039
(mmol/g ileal substrate)	1.2±0.1	0.8±0.02	<0.0001
Molar ratio (%)	18±0.4	14±0.5	<0.0001
Butyrate			
(mmol/L)	27±0.7	34.8±1.1	<0.0001
(mmol/g ileal substrate)	1.7±0.05	1.6±0.05	NS
Molar ratio (%)	27±0.9	31±0.9	0.0086

[1] Mean±SEM.

ที่มา: Langkilde et al. (2002)

2.1.5.2 ใยอาหาร คือ ส่วนของพืช ผักและผลไม้ที่มนุษย์กินได้ แต่ไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยของมนุษย์ แต่อาจถูกย่อยโดยจุลินทรีย์บางชนิดในทางเดินอาหารของมนุษย์ ใยอาหารเป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ ๆ โดยใยอาหารแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 2 กลุ่ม คือ

1) ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ช่วยเพิ่มกากอาหาร และทำความสะอาดทางเดินอาหาร

2) ใยอาหารละลายน้ำ พวกนี้ เมื่อละลายน้ำ จะมีลักษณะเป็นเจล สามารถจับน้ำตาล ดูดซับน้ำมันได้

ใยอาหาร มีประโยชน์ต่อร่างกายในแง่ช่วยให้การขับถ่ายสะดวก ช่วยจับไขมันจากอาหาร ลดการดูดซึมพวกน้ำตาล ดังนั้นจึงมีผลดีต่อคนเป็นเบาหวาน ช่วยป้องกันการดูดซึมของสารก่อมะเร็ง เพราะขับถ่ายออกได้เร็ว และลดการสัมผัสต่อผนังลำไส้ นอกจากนี้ยังช่วยในการลดน้ำหนัก เนื่องจากทำให้ปริมาณอาหารมากขึ้น มีการดูดน้ำเข้ามาในทางเดินอาหาร ทำให้รู้สึกอิ่มเร็ว ลดการบริโภคอาหารลง นอกจากนี้ยังมีผลต่อการขับถ่าย ใยอาหารชนิดที่เป็นเซลลูโลส มีคุณสมบัติอุ้มน้ำ ทำให้อุจจาระอ่อนไม่แข็ง ขับถ่ายดี ท้องไม่ผูก ทำให้ไม่เป็นโรคริดสีดวงทวาร ลำไส้โป่งพอง และมะเร็งลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โรคหัวใจ และโรคเบาหวาน (Rodriguez et al., 2006) ใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารจากผลไม้มีสมบัติดีกว่าใยอาหารจากอาหารชนิดอื่น เนื่องจากมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดและใยอาหารที่ละลายน้ำได้สูง ปริมาณกรดไฟติก และค่าแคลอรี่ต่ำ มีความสามารถในการอุ้มน้ำและไขมันดี (Figuerola et al., 2005) กล้วยดิบและเปลือกกล้วยเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี โดยมีปริมาณใยอาหารสูงถึง 50 g/100 g (Happi Emaga et al., 2007) และมีใยอาหารที่ละลายน้ำสูง ซึ่งอยู่ในช่วง 13.0-21.7 g/100 g แต่มีปริมาณเซลลูโลส ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำน้อย ซึ่งอยู่ในช่วง 7-12 6.4-9.6 และ 6.4-8.4 g/100 g ตามลำดับ (Happi Emaga et al., 2008)

2.1.5.3 พรีไบโอติก กล้วยเป็นแหล่งของฟรุคแตนส์ เช่น อินนูลิน (innulin) ไนสโตส (nystose) และคีสโตส (kestose) เป็นต้น ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรทชนิดฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ และมีสมบัติเป็นพรีไบโอติก โดยส่งเสริมการเจริญของโพรไบโอติก ป้องกันและรักษาโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่ เป็นสารให้ความหวานที่มีแคลอรี่ต่ำ และเพิ่มการดูดซึมของแคลเซียม (L'homme et al., 2001) โดยจากการศึกษาในกล้วยไข่ของประเทศไทย พบว่ามีอินนูลิน และคีสโตสเป็นองค์ประกอบถึง 1.29 และ 0.16 g/100 g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกล้วยน้ำว้า (Judprasong et al., 2011) โดยในกล้วยกลุ่ม AAB มี kestose มากที่สุด รองลงมาคือกล้วยกลุ่ม AA (Agopian et al., 2008) ซึ่งเป็นกล้วยกลุ่มเดียวกันกับกล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่ ตามลำดับ

แต่อย่างไรก็ตาม เปลือกกล้วยยังมีสารพิษที่อันตราย ได้แก่ ไซยาไนด์ และออกซาเลต แต่อยู่ในระดับต่ำ คือ 1.33 และ 0.51 mg/g ตามลำดับ ซึ่งเป็นระดับที่ไม่เกินกว่ามาตรฐานความปลอดภัย (Anhwange, 2008) ดังนั้นการนำเปลือกกล้วยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จึงมีความปลอดภัยต่อการบริโภค แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการเตรียมเปลือกกล้วยมีผลต่อสมบัติของแป้งและใยอาหารจากเปลือกกล้วย (Wachirasiri et al., 2009) อีกทั้ง เปลือกกล้วยมีสารฟีนอล โดยเฉพาะอย่างยิ่งแทนนิน และผลกล้วยมีคาเทชิน และกรดแกลลิก เป็นองค์ประกอบอยู่ในช่วง 6.13-10.29 และ 0.87-1.30 mg/g ของน้ำหนักสด ซึ่งสารฟีนอลเหล่านี้มีรสฝาด อีกทั้งยังเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (Winugroho, 1999) ซึ่งอาจส่งผลให้การนำแป้งและใยอาหารจากกล้วยดิบและเปลือกกล้วยไปประยุกต์ใช้ในอาหารไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

2.2 พรีไบโอติก (probiotic) โพรไบโอติก (probiotic) และการใช้ร่วมกัน (symbiotic)

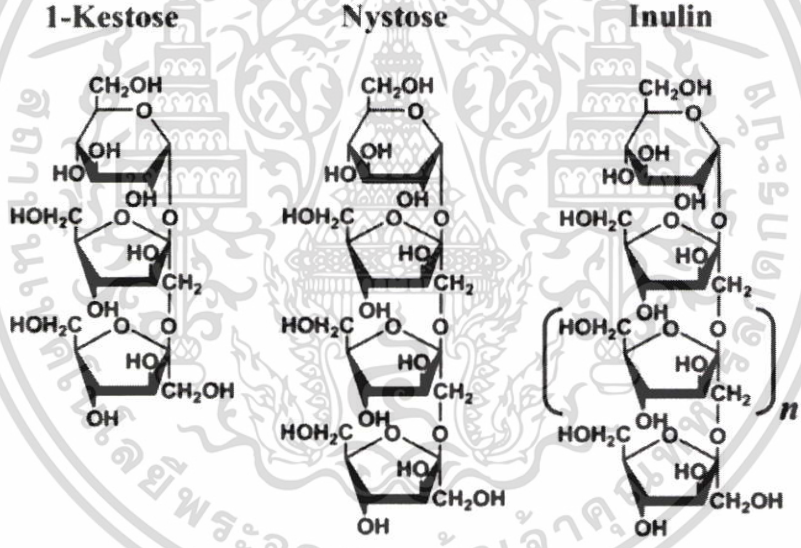
ปัจจุบันผู้บริโภคพยายามมองหาอาหารที่มีคุณสมบัติต่างๆ มากขึ้น ในแง่ของการมีคุณค่าทางอาหารสูง ปลอดภัย และส่งผลดีต่อสุขภาพ จึงเป็นที่มาของผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า functional food หรือบางทีเรียกทับศัพท์ว่า อาหารฟังก์ชัน ซึ่งหมายความถึงผลิตภัณฑ์อาหารหรือองค์ประกอบในอาหารที่เมื่อบริโภคเข้าสู่ร่างกายแล้ว จะสามารถทำหน้าที่อื่นให้กับร่างกาย นอกเหนือจากในเรื่องของรสสัมผัส (sensory function) การให้คุณค่าทางโภชนาการพื้นฐาน (nutritive function) นั่นคือ เป็นอาหารที่มีผลต่อการทำหน้าที่ต่างๆ (function) ในร่างกาย ส่งผลดีต่อสุขภาพโดยมีบทบาทในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค อวัยวะหรือระบบเป้าหมาย ได้แก่ ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ความดันโลหิต การเผาผลาญของไขมัน การต้านอนุมูลอิสระ และระบบการย่อยอาหารลำไส้ใหญ่ เป็นอวัยวะเป้าหมายหนึ่งที่มีการศึกษากันมากในเรื่องของอาหารฟังก์ชัน องค์ประกอบของอาหารที่มีคุณสมบัติให้ผลดีต่อสุขภาพลำไส้ ได้แก่ ใยอาหาร พรีไบโอติก และ โพรไบโอติก

2.2.1 พรีไบโอติก คือ ส่วนของอาหารที่ไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหาร ซึ่งมีผลทำให้กระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียบางชนิดในลำไส้ใหญ่ แบคทีเรียบางชนิดคือโพรไบโอติก เช่น แบคทีเรียกลุ่ม Bifidobacteria และ Lactobacilli โดยพรีไบโอติกจะพบมากในหัวหอม กล้วย กระเทียม อาร์ทิโชก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(artichoke) ชิคอรี (chicory) และหน่อไม้ฝรั่ง (asparagus) เป็นต้น พบเล็กน้อยในผักผลไม้ และเมล็ดธัญชาติต่างๆ เช่น มะเขือเทศ ข้าวสาลี ข้าวไรย์ น้ำผึ้ง เบียร์

พรีไบโอติกเป็นส่วนของอาหารที่ไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหารของมนุษย์ ซึ่งบางทีคำจำกัดความจะคาบเกี่ยวกับใยอาหาร แต่ที่แยกความแตกต่างกันออกก็คือ พรีไบโอติกจะเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนสายสั้น ๆ ซึ่งเป็นอาหารของแบคทีเรียบางชนิด หรือจะกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ พรีไบโอติกก็จะเป็นอาหารให้แก่จุลินทรีย์ที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งองค์ประกอบในอาหารที่จัดเป็นพรีไบติก ได้แก่ อินนูลิน(inulin) ไนสโตส (nystose) คีสโตส (kestose) (ภาพที่ 3) ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (fructo-oligosaccharide) ไซโลโอลิโกแซคคาไรด์ (xylo-oligosaccharide) และกาแลคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (galacto-oligosaccharide) นอกจากนี้จากการศึกษาการเจริญของเชื้อ *Lactobacillus delbrueckii* BCC 13296 ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารสกัดจากแก้วมังกรเป็นแหล่งคาร์บอน (ตารางที่ 5) พบว่าการใช้สารสกัดจากแก้วมังกรเป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารเลี้ยงเชื้อมีผลทำให้เชื้อ *L. delbrueckii* BCC 13296 เจริญเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว โดยเมื่อบ่มเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าการใช้อินนูลินสามารถเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียโพรไบโอติกชนิดนี้ได้มากที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดโอลิโกแซคคาร์ไรด์ที่ประกอบด้วยอินนูลิน ไนสโตน และคีสโตน และสารสกัดหยาบ ตามลำดับ (Wichienchot et al., 2010)



ภาพที่ 3 โครงสร้างโมเลกุลของอินนูลิน ไนสโตน และคีสโตน
ที่มา: Wichienchot et al. (2010)

2.2.1.1 ประโยชน์ต่อสุขภาพของพรีไบโอติก

พรีไบโอติกจะต้านทานต่อการย่อยในทางเดินอาหารส่วนบน เมื่อเดินทางมาถึงลำไส้ใหญ่ก็จะเป็นอาหารให้กับจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ และที่สำคัญจุลินทรีย์สุขภาพนำไปใช้ได้ดีกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น และเจริญได้ดี ทำให้ปริมาณอุจจาระเพิ่มขึ้น และยังแย่งที่กับจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้ดี จึงทำให้ร่างกายมีความต้านทานต่อการเกิดโรคได้ดีขึ้นประโยชน์ต่อสุขภาพของพรีไบโอติกมี 4 ข้อหลัก (สุญาณี พงษธนานิกร, 2549) ได้แก่

1) ผลต่อระบบทางเดินอาหาร ที่บริเวณลำไส้ใหญ่ พรีไบโอติกจะเป็นอาหารให้กับแบคทีเรีย ซึ่งเมื่อแบคทีเรียนำไปใช้ก็จะให้พลังงานและสารบางชนิด เช่น กรดแลกติกและกรดไขมันชนิดสายสั้น (short-chain fatty acids) ซึ่งเป็นผลิตผลจากกระบวนการหมัก ซึ่งการหมักนี้จะทำให้มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระตุ้นการเจริญของกลุ่มจุลินทรีย์สุขภาพ และสภาวะความเป็นกรดที่เกิดขึ้นจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียบางชนิดในลำไส้ได้ เช่น *Clostridium perfringens Salmonella* spp. และ *Esherichia coli* เป็นต้น จึงมีผลช่วยป้องกันอาการท้องเดินโดยเฉพาะจากการติดเชื้อได้ นอกจากนี้ด้วยคุณสมบัติเหมือนใยอาหารอื่นๆ ก็จะช่วยบรรเทาอาการท้องผูกได้ด้วยเนื่องจากผลของการเพิ่มน้ำหนักของอุจจาระและผลต่อการเคลื่อนไหวของลำไส้จึงช่วยให้ขับถ่ายง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงผลของพรีไบโอติกในการต้านมะเร็ง ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกันกับผลที่มีต่อทางเดินอาหาร

2) ผลต่อการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิด จากการหมักพรีไบโอติกโดยแบคทีเรียในลำไส้ได้กรดไขมันชนิดสายสั้น ความเป็นกรดก็จะช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิดได้ เช่น แคลเซียม เหล็ก แมกเนเซียม และสังกะสี นอกจากนี้อาจด้วยกลไกที่ทำให้มีการดึงน้ำเข้ามาช่วยในการละลายเกลือแร่ต่าง ๆ ได้ จึงมีการคาดการว่าน่าจะส่งผลช่วยลดความเสี่ยงต่อกระดูกพรุนได้

3) ผลต่อการเผาผลาญไขมัน มีการศึกษาเกี่ยวกับการช่วยลดระดับไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) แต่ยังไม่มีข้อมูลมากนัก ส่วนเรื่องของการลดคอเลสเตอรอลก็เช่นกัน อย่างไรก็ตามมีผู้เสนอกลไกที่เป็นไปได้ คือ การที่จุลินทรีย์สุขภาพเจริญจำนวนมากขึ้นก็จะช่วยย่อยสลายคอเลสเตอรอล และยับยั้งการดูดซึมผ่านผนังลำไส้ หรืออาจเนื่องจากผลจากกระบวนการหมักที่ได้กรดไขมันสายสั้นบางชนิดโดยเฉพาะกรดโพรพิโอนิก (propionic acid) ซึ่งสามารถไปยับยั้งการสังเคราะห์ไขมันรวมทั้งคอเลสเตอรอล ดังนั้นพรีไบโอติกอาจช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดแข็งซึ่งมีสาเหตุจากไขมันได้

4) ผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของระบบทางเดินอาหาร พบว่าพรีไบโอติกสามารถช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน โดยมีผลต่อการทำหน้าที่ของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับภูมิต้านทานในลำไส้ มีผลเพิ่มความแข็งแรงของเซลล์เยื่อบุผิวของลำไส้ซึ่งสามารถป้องกันการติดเชื้อได้ดีด้วย รวมถึงมีผลต่อจำนวนและการทำงานของจุลินทรีย์สุขภาพ

2.2.1.2 ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมพรีไบโอติก

ในปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ โดยการเติมสารที่จัดเป็นอาหารฟังก์ชันลงในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ มากมาย เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ และเพื่อเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภคในการดูแลสุขภาพ ในการลดความเสี่ยงหรือป้องกันโรคหลายชนิดสำหรับพรีไบโอติกเอง ก็มีนักวิจัยให้ความสนใจและสนับสนุนการเสริมลงในอาหารที่บริโภคประจำวัน ได้แก่ น้ำผลไม้ ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์ธัญพืชต่าง ๆ หรืออาจเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมใช้ สำหรับเติมลงในอาหารที่จะบริโภคโดยตรง เช่น เครื่องดื่มกาแฟ หรือใช้ประกอบอาหาร เป็นต้น (Roberfroid, 2005)

2.2.2 โพรไบโอติก คือ กลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ซึ่งเข้าไปอยู่ในระบบของร่างกายมนุษย์และสัตว์แล้วก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ โดยจุลินทรีย์นั้นทำหน้าที่ช่วยปรับสมดุลของสภาพแวดล้อมในระบบลำไส้

2.2.2.1 ประโยชน์ต่อสุขภาพของโพรไบโอติก

โพรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ในการช่วยปรับสมดุลของสภาพแวดล้อมในระบบลำไส้ เนื่องจากในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์มีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมากมายหลายชนิดทั้งที่เป็นประโยชน์และโทษ ดังนั้นถ้าหากจุลินทรีย์สุขภาพมีจำนวนมากขึ้นก็สามารถเกาะติดผนังลำไส้ และแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนมากขึ้น เป็นการช่วยป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ชนิดก่อโรคมาเกาะติดผนังลำไส้ และหลั่งสารพิษที่มีผลทำให้เยื่อบุลำไส้อักเสบได้ จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงได้มีการนำเอาโพรไบโอติกมาใช้ในการรักษาและป้องกันโรคอุจจาระร่วงที่เกิดจากการได้รับยาปฏิชีวนะซึ่งมีผลทำให้ประชากรจุลินทรีย์สุขภาพในลำไส้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลง เช่นกันจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าประโยชน์ของโพรไบโอติกมีหลายอย่าง ซึ่งในที่นี้ก็จะขอกล่าวเป็น 4 ข้อหลัก ๆ (สุญาณี พงษธนานิกร, 2549) ดังนี้

1) การลดภาวะไม่ทนต่อแลกโตส (lactose intolerance) เป็นผลต่อสุขภาพที่สำคัญของโพรไบโอติก พบว่าประชากรโลกส่วนใหญ่มีปริมาณของเอนไซม์แลกเตส (lactase) ต่ำ จึงทำให้แลกโตส (lactose) ไม่สามารถถูกย่อยในทางเดินอาหาร ดังนั้นหลายคนที่ดื่มนมแล้ว เกิดอาการท้องอืด เฟ้อ ท้องเดิน ปวดท้อง โพรไบโอติกในอาหารประเภทนมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ตสามารถช่วยบรรเทาอาการนี้ได้ เนื่องจากโพรไบโอติกได้ช่วยย่อยแลกโตสไปแล้วในระหว่างการหมัก (fermentation) จึงทำให้มีแลกโตสเหลือน้อยกว่าหรือไม่มีเลย

2) การลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด หลักฐานการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้ยังไม่สรุปแน่ชัด แต่มีผู้เสนอกลไกที่อาจเป็นไปได้ คือ อาจเนื่องจากคอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นในการการสังเคราะห์กรดน้ำดี ดังนั้นถ้าเราเพิ่มการขับออกของน้ำดีก็จะทำให้มีการกระตุ้นให้มีการนำเอาคอเลสเตอรอลมาใช้ในการสังเคราะห์น้ำดีเพิ่มขึ้น โดยในจุลินทรีย์จะมีเอนไซม์ที่สามารถจับกับกรดน้ำดี และทำให้กรดน้ำดีถูกขับออกทางอุจจาระเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ นอกจากนี้อาจเนื่องจากการที่จุลินทรีย์สามารถนำเอาคอเลสเตอรอลไปใช้ได้โดยตรง ทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลลดลง

3) การบรรเทาอาการท้องเดิน เป็นบทบาทหลักของโพรไบโอติก คือ ช่วยลดความรุนแรงของอาการท้องเดิน โดยลดระยะเวลาของโรคและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน กลไกที่เป็นไปได้ คือ การทำให้ลำไส้ใหญ่มีความเป็นกรด จากการผลิตกรดแลกติก (lactic acid) และกรดอะซิติก (acetic acid) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคได้ อีกกลไกหนึ่ง คือ ทำให้การตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น

4) การป้องกันมะเร็ง ข้อมูลทางระบาดวิทยาพบว่าอุบัติการณ์ของมะเร็งลำไส้ใหญ่มีความสัมพันธ์กับการกินอาหารไขมันสูง ซึ่งไขมันในอาหารจะกระตุ้นให้มีการหลั่งกรดน้ำดีในลำไส้ใหญ่มากขึ้น ร่วมกับกรดน้ำดีอีกส่วนหนึ่งที่เกิดจากแบคทีเรียเอง ซึ่งทำให้มีส่วนส่งเสริมให้เกิดมะเร็งขึ้นได้ นอกจากนี้เอนไซม์ของแบคทีเรียบางชนิดก็จะเปลี่ยนสารบางอย่างในลำไส้ใหญ่ไปเป็นสารก่อมะเร็งได้ ดังนั้นกลไกในการต้านมะเร็งของโพรไบโอติก ได้แก่ กดการทำงานของสารก่อมะเร็ง ควบคุมหรือเหนี่ยวรั้งการเจริญของแบคทีเรียที่มีเอนไซม์ในการทำให้เกิดสารก่อมะเร็ง มีผลต่อการเคลื่อนไหวหรือการบีบตัวของลำไส้ทำให้กำจัดสารก่อกลายพันธุ์ออกจากร่างกายได้เร็วขึ้น และกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร

2.2.2.2 ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโพรไบโอติก

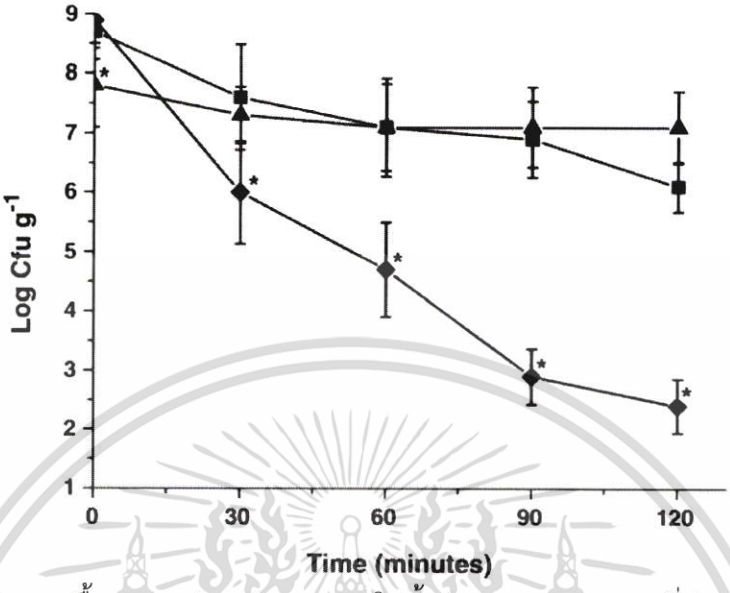
ในปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพเสริมโพรไบโอติก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว โยเกิร์ต ส่วนในทางยาก็มีผลิตภัณฑ์ในรูปจุลินทรีย์แบบผงแห้ง (freeze dry) ใส่ในซองหรือแคบซูล สำหรับใช้ในการรักษา แพทย์มักใช้ในเด็กที่ท้องเดินจากการใช้ยาปฏิชีวนะ เป็นต้น นอกจากนี้สำหรับการป้องกันหรือส่งเสริมสุขภาพก็มีการทำเป็นแบบผงแห้งผสมลงในนมผงและอาหารเสริมสำหรับทารกและเด็กเหล่านี้ก็จะส่งผลให้เกิดสมดุลย์ของจุลินทรีย์ที่ดีและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพ

2.2.3 ซินไบโอติก (synbiotic) เมื่อไม่นานมานี้ได้มีผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่รวมโพรไบโอติกและพรีไบโอติกเข้าด้วยกัน เพื่อต้องการเสริมสรรพคุณซึ่งกันและกัน และช่วยให้แบคทีเรียของโพรไบโอติกอยู่รอดมากขึ้น เพราะมีอาหารคือพรีไบโอติกไปคอยเลี้ยงดูไว้ (สุญาณี พงษธนานิกร, 2549)

ทั้งนี้จากการศึกษาการรอดชีวิตของเชื้อ *L. casei* ในน้ำย่อยกระเพาะอาหารที่ค่า pH 1.5 พบว่าการใช้รำข้าวโอ๊ตเสริมและไม่เสริมน้ำตาลช่วยให้โพรไบโอติกชนิดนี้มีชีวิตอยู่รอดในน้ำย่อยกระเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารได้นานถึง 120 นาที ในขณะเชื้อ *L. casei* อิสระมีจำนวนลดลงตามระยะเวลาที่สัมผัสน้ำย่อยนานขึ้น (ภาพที่ 4) (Guergoletto et al., 2010)



ภาพที่ 4 การรอดชีวิตของเชื้อ *Lactobacillus casei* ในน้ำย่อยกระเพาะอาหารที่ค่า pH 1.5 เป็นเวลา 0 30 60 90 และ 120 นาที โดย (♦) *L. casei* อิสระ (▲) *L. casei* ยึดเกาะกับรำข้าวโอ๊ตไม่เสริมน้ำตาล และ (■) *L. casei* ยึดเกาะกับรำข้าวโอ๊ตเสริมน้ำตาล

ที่มา: Guergoletto et al. (2010)

2.3 การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์บนเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

ผลกระทบของการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์บนเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์คือ ทำให้ผู้บริโภคเกิดการเจ็บป่วยเนื่องจากการบริโภคเชื้อก่อโรคหรือสารพิษที่พบในอาหาร นอกจากนี้ยังทำให้อาหารเหล่านั้นเกิดการเน่าเสีย ส่งผลต่อเศรษฐกิจ (คมแข พิลาสมบัติ, 2550) ดังนี้

2.3.1 การเน่าเสียของเนื้อสัตว์ เนื่องจากเนื้อสัตว์เป็นอาหารที่มีองค์ประกอบที่เหมาะต่อการเจริญของอาหารและมักพบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ภายหลังกระบวนการฆ่าสัตว์ ซึ่งเชื้อที่ปนเปื้อนเหล่านี้สามารถเพิ่มจำนวนในระหว่างการเก็บรักษาในห้องเย็น เป็นสาเหตุทำให้เนื้อเน่าเสีย เนื้อสัตว์ที่เน่าเสียหมายถึงเนื้อสัตว์ที่มีกลิ่น สีและรสชาติที่ผิดปกติ เนื่องจากจุลินทรีย์สร้างสารประกอบบางชนิดขึ้นมาระหว่างเจริญบนเนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นเกณฑ์ในการกำหนดคุณภาพของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคมีการคาดหวังในการบริโภคผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดี มีคุณค่าทางโภชนาการทางอาหาร รวมทั้งมีความปลอดภัยในการบริโภค ความหลากหลายของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเน่าเสียในเนื้อสัตว์นั้นจะมีความสัมพันธ์กับจุลินทรีย์เริ่มต้นที่มีอยู่ตามธรรมชาติ จุลินทรีย์เหล่านี้อาจมีการปนเปื้อนจากส่วนภายนอกและระบบทางเดินอาหารของสัตว์ นอกจากนี้อาจปนเปื้อนมาจากภาชนะบรรจุ อากาศ และผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย ถ้าปล่อยให้เนื้ออยู่ในอุณหภูมิห้องเชื้อจากแหล่งที่มาเหล่านี้อาจเจริญและทำให้เนื้อเน่าเสียได้ การรักษาเนื้อสัตว์ให้ปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์ทำได้โดยการเลี่ยงจากจุลินทรีย์ให้มากที่สุด แต่ถ้าเนื้อสัตว์มีการปนเปื้อนมาแล้วการกำจัดออกไปทำได้ค่อนข้างยาก (สุมาลี เหลืองสกุล, 2539) ซึ่งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์โดยทั่วไปทำให้เกิดผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์เนื้อหมักในระหว่างกระบวนการหมักที่จะทำให้มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ผู้บริโภคเกิดเจ็บป่วยเนื่องจากการบริโภคเนื้อสัตว์เหล่านั้น โดยโรคที่สำคัญและมักเกิดกับผู้ที่บริโภคเนื้อสัตว์คือโรคอาหารเป็นพิษ เชื้อที่สำคัญที่ทำให้เกิดอาการดังกล่าวได้แก่ *Salmonella* sp. *Yersinia enterocolitica Clostridium perfringens Campylobacter jejuni/coli* และ *L.monocytogenes Staph. aureus C. botulinum* และ *Bacillus cereus* (Warriss, 2000) นอกจากนี้ยังพบว่าจุลินทรีย์ที่นับว่ามีอันตรายต่อมนุษย์ที่มักปนเปื้อนบนเนื้อสัตว์ ได้แก่ *E. coli* O157:H7 *B. cereus* และ *Aeromonas hydrophila* โดยเฉพาะเชื้อ *E. coli* O157:H7 เป็นสาเหตุทำให้ผู้บริโภคมีอาการป่วยที่รุนแรงและตายได้ในที่สุดถ้าหากบริโภคเนื้อสัตว์ที่ปนเปื้อนเชื้อในขณะที่ยังปรุงไม่สุก บางครั้งพบว่าเชื้อสามารถสร้างสารพิษได้มากกว่าหนึ่งชนิด เช่น verotoxin หรือ shiga-like toxin และปริมาณเชื้อที่บริโภคเข้าไปต่ำกว่า 10 เซลล์ก็สามารถทำให้เกิดโรคได้ นอกจากนี้กระทรวงเกษตรประเทศสหรัฐอเมริกา (USDA) ยังได้เสนอให้โรงฆ่าสัตว์มีการใช้สารฆ่าเชื้อเพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์บนเนื้อสัตว์ หรือใช้เทคโนโลยีในการลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์การผลิตสัตว์และกระบวนการฆ่าสัตว์ (Nissen et al., 2001)

มีรายงานการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในผลิตภัณฑ์แหนมหมู โดยอดิศร เสวตวิวัฒน์ (2533) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในแหนมหมู 56 ตัวอย่าง พบเชื้อ *Salmonella* spp. ทั้งสิ้น 16 เซโรไทป์ โดยเซโรไทป์ที่พบมาก ได้แก่ *S.* Derby และ *S.* Anatum เป็นเชื้อที่ทนต่อการถูกทำลายในขณะหมักแหนมได้ดีที่สุด ต่อมา อดิศร เสวตวิวัฒน์ และ อรุณ บ่างตระกูลนนท์ (2539) ทำการตรวจหาเชื้อ *Salmonella* spp. ในแหนมหมูที่จำหน่ายตามท้องตลาดและห้างสรรพสินค้าในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 40 ตัวอย่าง พบว่ามีการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์มากถึง 30 ตัวอย่าง (75 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ได้มีรายงานการตรวจพบเชื้อ *Salmonella* sp. *Listeria monocytogenes* และ *Staph. aureus* ในแหนมและไส้กรอกอีสาน (Chokesajjawatee et al., 2009; Visessanguan et al., 2006) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อ *Staph. aureus* เป็นเชื้อที่ทนต่อเกลือไนไตร์ สามารถสร้างสารพิษที่ทนความร้อนออกมาในอาหารในระหว่างการเจริญเติบโต (คมแข พิลาสมบัติ, 2550)

ข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. (2546) กำหนดว่าไส้กรอกอีสานต้องตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* sp. และ *Staph. aureus*

2.3.2.1 *Staphylococcus aureus*

Staph. aureus สามารถเจริญในสภาวะที่มีออกซิเจนได้ดีกว่าสภาวะที่ไร้ออกซิเจน บางสายพันธุ์สามารถทนเกลือได้สูง (ร้อยละ 10-20) สามารถทนต่อไนไตรท์ได้ค่อนข้างดี ทนต่อความเข้มข้นของน้ำตาลได้สูงถึงร้อยละ 50-60 และสามารถย่อยโปรตีนได้แต่ไม่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น โดยทั่วๆ ไปสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง และ water activity ที่กว้าง (สุมาลี เหลืองสกุล. 2539) จึงนับว่าแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคที่ถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญทางสาธารณสุข โดยก่อให้เกิดอาการอาเจียนและท้องเสียเมื่อได้รับสารพิษเข้าไปในร่างกาย เป็นโรคที่พบบ่อยในอาหารของหลายประเทศ ซึ่งในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ถือว่าเป็นสาเหตุในการแพร่ระบาดของเชื้อ (Oliveira *et al.* 2010) ซึ่งผลิตภัณฑ์เนื้อหมักโดยทั่วไปมีกรดอินทรีย์อ่อนๆ ที่มีอยู่ตามธรรมชาติที่ผลิตได้มาจากอาหารหมักต่างชนิดกัน นอกเหนือจากนั้นมีการเติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์ลงไปในอาหารหมัก ซึ่งกรดแลกติกที่ผลิตได้จากกล้าเชื้อบริสุทธิ์นั้นสามารถเป็นสารป้องกันจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีการปนเปื้อนมาได้

2.3.2.2 *Escherichia coli*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E. coli พบได้ในสัตว์กีบ เช่น วัว แพะ แกะ ซึ่งเป็นแหล่งกักเก็บเชื้อตามธรรมชาติ ไม่ทนต่อความร้อน แต่สามารถอยู่รอดได้ในอุณหภูมิแช่แข็ง เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์อย่างรุนแรง โดยเฉพาะในอาหารที่มีการบริโภคอาหารดิบๆ หรือไม่ผ่านการปรุงสุก ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักแห้งที่มีการบริโภคแบบดั้งเดิมโดยไม่มีการปรุงสุก หลังจากที่ผลิตโดยการหมักก้อนเนื้อตามด้วยการอบแห้งที่อุณหภูมิและความชื้นต่ำประมาณ 30 วัน นอกจากนี้แบคทีเรียก่อโรค เช่น *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* และ *Salmonella* spp. ในผลิตภัณฑ์อาจมีการปนเปื้อนมาจากส่วนผสม วัตถุดิบ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการผลิตหรือมีการปนเปื้อนภายหลังจากการผลิต ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้มีการตรวจพบในเนื้อสัตว์และสามารถอยู่รอดได้ในกระบวนการผลิตไส้กรอก (Colak et al., 2007) อันตรายต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เนื้อหมักนั้นทางหน่วยบริการตรวจสอบความปลอดภัยของอาหาร (Food Safety and Inspection Service : FSIS) และการดำเนินงานภายใต้กระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐ (United States Department of Agriculture: USDA) จะบังคับให้ผู้ผลิตจะต้องผ่านการตรวจสอบกระบวนการผลิตเพื่อมั่นใจในความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์จากแบคทีเรียก่อโรค

Muthukumarasamy and Holley (2007) รายงานว่า *E. coli* O157:H7 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่อันตรายต่อร่างกายเป็นอย่างมาก สามารถทนกรดได้ และสามารถในการอยู่รอดในไส้กรอกหมักแห้งได้ มีรายงานการแพร่ระบาดของเชื้อ *E. coli* O157:H7 จากการบริโภคไส้กรอกหมักแห้งและได้มีการเรียกคืนผลิตภัณฑ์ต่อมาได้มีการแนะนำหลักเกณฑ์ในการผลิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะต้องมีการป้องกันเชื้อ *E. coli* O157:H7 ในกระบวนการผลิต โดยการใช้ความร้อน 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที สามารถลดระดับของเชื้อ *E. coli* O157:H7 ให้มีความปลอดภัยมากขึ้น และ Lahti et al. (2001) รายงานว่า *E. coli* O157:H7 และ *L. monocytogenes* สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในสภาวะที่ค่าความเป็นกรดด่างต่ำ ค่า water activity ต่ำ เกลือโซเดียมคลอไรด์ และความเข้มข้นของไนไตรท์ระดับความเข้มข้นสูงในการหมักเนื้อ ปริมาณของการติดเชื้อ *E. coli* ถึงแม้ว่ามีน้อยกว่า 50 เซลล์ ก็สามารถทำให้เกิดโรคได้ ซึ่งการปนเปื้อนเชื้อเหล่านี้ในอาหารก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ

2.3.2.3 *Salmonella* spp.

Salmonella spp. เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ เจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีอากาศ ชอบอุณหภูมิปานกลาง ช่วงความเป็นกรดด่างในการเจริญเท่ากับ 4.0-9.0 และไม่ทนต่อแรงดันออสโมติกไม่เจริญในอาหารที่มีเกลือแกงที่มีความเข้มข้นร้อยละ 9 และเกลือไนไตรท์มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *Salmonella* spp. ได้ดีขึ้นในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรดด่างลดลง นอกจากนี้ยังเป็นแบคทีเรียที่มีความสำคัญทางด้านอาหาร เนื่องจากเป็นแบคทีเรียก่อโรคที่ติดต่อผ่านการรับประทานอาหารที่มีเชื้อปนเปื้อนเท่านั้น ส่วนใหญ่จะพบในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ต่างๆ ได้แก่ เนื้อไก่ เนื้อหมู และเนื้อวัว เป็นต้น และผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยการปนเปื้อนมาจากอากาศ เครื่องมือและอุปกรณ์ในระหว่างการผลิต ความสามารถในการทนความร้อนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสายพันธุ์และสิ่งแวดล้อมในการเจริญเติบโต (สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545)

สำหรับรายงานการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในผลิตภัณฑ์แหนมหมู โดยอดิศร เสวตวิวัฒน์ (2533) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในแหนมหมู 56 ตัวอย่าง พบเชื้อ *Salmonella* spp. ทั้งสิ้น 16 เซโรไทป์ โดยเซโรไทป์ที่พบมาก ได้แก่ *S.* Derby และ *S.* Anatum เป็นแบคทีเรียที่ทนต่อการถูกทำลายในขณะหมักแหนมได้ดีที่สุด ต่อมา อดิศร เสวตวิวัฒน์ และอรุณ บ่างตระกูลนนท์ (2539) ทำการตรวจหาเชื้อ *Salmonella* spp. ในแหนมหมูที่จำหน่ายตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท้องตลาดและห้างสรรพสินค้าในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 40 ตัวอย่าง พบว่ามีการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์มากถึง 30 ตัวอย่าง (75 เปอร์เซ็นต์)

2.4 ไส้กรอกอีสาน

ไส้กรอกอีสาน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ทำจากเนื้อหมู มันหมู ข้าวสุก ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เครื่องเทศ และสมุนไพร เช่น น้ำตาลทราย เกลือ กระเทียมบด พริกไทย ลูกผักชี ผสมให้เข้ากันดี นวดจนเหนียว บรรจุในไส้หมูหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ มัดเป็นท่อน ผึ่งไว้ในที่สะอาดและแห้งจนเปรี้ยว และต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน

ไส้กรอกอีสานหรือ ไส้กรอกเปรี้ยวเป็นอาหารพื้นบ้านไทย ทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของไทย เป็นไส้กรอก (sausage) ประเภทไส้กรอกสด ที่ผลิตจากเนื้อหมูบด มันหมู และข้าวเจ้าหุงสุก ปรุงรสด้วยเกลือ เครื่องเทศสมุนไพร เช่น กระเทียม และพริกไทย ลูกผักชี ผสมให้เข้ากัน นวดให้เหนียว บรรจุใส่ไส้หมู แล้วมัดด้วยเชือกเป็นข้อ ปล่อยไว้ให้เกิดการหมัก (fermentaion) เพื่อให้เกิดรสเปรี้ยว อาจมีการเติมเกลือไนเทรต (nitrate) หรือไนไทรต์ (nitrite) เช่น โพแทสเซียมไนเทรต (potassium nitrate) หรือดินประสิว เพื่อทำให้เกิดสีชมพูแดง เมื่อจะรับประทานต้องทำให้สุกด้วยการทอด (frying) หรือย่าง (roasting)

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวกับการหมักไส้กรอกอีสาน การหมักในไส้กรอกอีสานเป็นการหมักเพื่อให้เกิดกรดแล็กทิก (lactic acid fermentaion) โดย lactic acid bacteria ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ รสเปรี้ยวจากกรดแล็กทิก (lactic acid) ที่แบคทีเรียสร้างขึ้นในช่วงแรกของการหมัก เกิดจากเชื้อในกลุ่ม *Lactobacillus* และ *Pediococcus* ได้แก่ *Pendiococcus sereviseae* ส่วนจุลินทรีย์ในช่วงระยะหลัง คือแบคทรีเรียในกลุ่ม *Lactobacillus* เช่น *Lactobacillus plantarum* และ *Lactobacillus brevis* ความเปรี้ยวของไส้กรอกอีสานขึ้นอยู่กับส่วนผสม อุณหภูมิของการเก็บหลังการหมัก มี pH ประมาณ 4.5-5.5

ไส้กรอกอีสาน ไม่เพียงแต่จะเป็นอาหารเลื่องชื่อของภาคอีสานเท่านั้น หากแต่ยังได้รับความนิยมจากคนทุกภาคด้วย เพราะไส้กรอกอีสานนั้นมีรสชาติที่อร่อย ทานได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งเป็นอาหารว่างเป็นเครื่องเคียง หรือกินแกล้มเหล้า จึงทำให้ร้านไส้กรอกอีสานมีให้เห็นได้ทั่วไปตั้งแต่ในตลาดนัด ร้านริมทางไปจนถึงบนห้า งสรรพสินค้า หรือภัตตาคาร ไส้กรอกอีสานจึงนับว่ามีตลาดการบริโภคขนาดใหญ่และเป็นอาหารสร้างอาชีพให้กับผู้คนมากมาย การทำไส้กรอกอีสานขายจึงเป็นอีกอาชีพหนึ่งที่น่าสนใจ และมีผู้ประกอบการทั้งขนาดกลางและเล็กเป็นจำนวนมาก แต่ปัญหาของไส้กรอกหมักคือ ไม่สามารถควบคุมผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพสม่ำเสมอได้ โดยจะพบปัญหาการเกิดกรดและกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอเท่ากัน และกระบวนการผลิตมักไม่ถูกสุขลักษณะ โดยเฉพาะผู้ประกอบการขนาดเล็กที่ยังขาดความรู้การผลิตที่ดี เลือกซื้อเนื้อสัตว์ที่ไม่ถูกต้องตามสุขลักษณะ ซึ่งมักนิยมนำเนื้อสัตว์ที่ไม่สดมากทำการแปรรูป ทำให้ไส้กรอกอีสานมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ก่อโรคและเน่าเสียได้

2.5 การรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 144/2546 ได้มีข้อกำหนดคุณภาพทางจุลินทรีย์ดังนี้

2.5.1 *Salmonella* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

2.5.2 *Staphylococcus aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 *Escherichia coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.5.4 ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้ทำการเก็บตัวอย่างไส้กรอกอีสานในจังหวัดมหาสารคาม จำนวน 4 ตัวอย่าง ได้แก่ ส.ขอนแก่น ตลาดบรบือ ตลาดวาปีปทุม และตลาดนาเชือก โดยตรวจหาจุลินทรีย์ปนเปื้อนอีก 2 ชนิดคือ เชื้อ *Salmonella* spp. และ *Staph. aureus* ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างอาหารครั้งที่ 1 ในช่วงเดือนกันยายน 2552 ซึ่งตรวจพบการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. จำนวน 2 ตัวอย่าง จาก 4 ตัวอย่างที่ทำการสำรวจ คือที่ ตลาดวาปีปทุม และตลาดนาเชือก และตรวจพบการปนเปื้อนของเชื้อ *Staph. aureus* เกินมาตรฐานกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์จำนวน 2 ตัวอย่าง จาก 4 ตัวอย่างที่ทำการสำรวจ คือที่ ตลาดบรบือ (400,000 cfu/g) และตลาดนาเชือก (140,000 cfu/g) โดยมีตัวอย่างไส้กรอกอีสานจาก 1 พื้นที่ที่พบการปนเปื้อนทางจุลินทรีย์ถึงสองประเภท ในหนึ่งตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่เก็บจากตลาดนาเชือกพบการปนเปื้อนแบคทีเรียก่อโรคทั้งสองชนิดนี้ (ตารางที่ 7) (พชร แกล้วกล้า, 2552)

ตารางที่ 7 การปนเปื้อนแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในไส้กรอกอีสานที่วางจำหน่ายในจังหวัดมหาสารคาม

ชนิดของแบคทีเรีย	ส.ขอนแก่น	ตลาดบรบือ	ตลาดวาปีปทุม	ตลาดนาเชือก
Salmonella spp. (in 25 g)	Not detected	Not detected	Detected group E	Detected group E
Staphylococcus aureus (cfu/g)	< 10	4×10^5	< 10	1.4×10^5

ที่มา: พชร แกล้วกล้า (2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 ปิเปตขนาด 25 ml

3.1.2 จานอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.1.3 กระบอกสำหรับใส่ปิเปตและจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.1.4 หลอดทดลองฝาตรงและฝา

3.1.5 ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.1.6 ทิปและกล่องใส่ทิป

3.1.7 ขวดดูแรน ขนาด 500 และ 100ml

3.1.8 เข็มเขี่ยเชื้อ

3.1.9 Micropipeteยี่ห้อ Finnpipetteรุ่น FJ 16145

3.1.10 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี ดังนี้ Mueller Hinton agar (MHA)Hektoen Enteric agar(HE) โซเดียมแลกเตท โซเดียมไดอะซิเตท โซเดียมซิเตรท (CytoGuard LA®) ทำการจัดซื้อจาก Purac Inc. (Thailand) Hawkins Inc. (Minneapolis)Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA) และA&B Ingredients (Fairfield, NJ, USA) ตามลำดับ

3.2 เครื่องมือ

3.2.1 ตู้บ่มเชื้อ ยี่ห้อ Binder รุ่น BDLI-5

3.2.2 ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Memmertรุ่น LINE 500

3.2.3 เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ ยี่ห้อ Sturdy รุ่น Microm SA-300V

3.2.4 Laminar flow ยี่ห้อ TOLL FREE รุ่น 888-213-1970

3.2.5 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Memmertรุ่น WND22

3.2.6 ตู้เย็น ยี่ห้อ TOSHIBA รุ่น GR-M46KD

3.2.7 ไมโครเวฟ ยี่ห้อ Sharp รุ่น R-27P

3.2.8 เครื่องผสมสาร(Verter mixture) ยี่ห้อ Scientific Industries รุ่น G560E

3.2.9 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม2 และ 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP3202S

3.2.10 Mutipipete ยี่ห้อ Autoclavableรุ่น DB 7050

3.2.11 Microplate reader ยี่ห้อ Biochrom รุ่น UVM 340

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปกล้วย แบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่

3.3.1.1 การเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินที่สามารถเจริญในแบบจำลองไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

3.3.1.2 ผลของการเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานต่อการยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.3 การรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

3.3.1.4 ศึกษาการอายุการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

3.3.2 การดำเนินการวิจัย

3.3.2.1 การเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินที่สามารถเจริญในแบบจำลองไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

ทำการคัดเลือกแบคทีเรียโพรไบโอติกโดยพิจารณาจากการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชเป็นองค์ประกอบ ทำการวางแผนการทดลองแบบ CRD โดยมี 4 ทรีทเมนต์ คือ กลุ่มควบคุม แบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ โดยแต่ละกลุ่มมีจำนวนเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10^5 cfu/ml แล้วทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเป็น 0 2 4 6 8 12 และ 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกแต่ละชนิด น้ำตาลรีดิวซ์ ค่า pH และความสามารถในการยับยั้งการเจริญแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางอาหาร

1) การเตรียมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

1.1) วัตถุดิบที่ใช้เตรียมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชได้จากกล้วยดิบ 2 พันธุ์ คือ กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่ โดยกล้วยน้ำว้าดิบทำการจัดซื้อจากตลาดสด และกล้วยไข่ดิบทำการเก็บรวบรวมวัสดุเหลือจากการผลิตกล้วยเมืองลุง โดยทำการเก็บรวบรวมวัสดุเศษเหลือในการผลิตกล้วยเมืองลุงจากกลุ่มเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนบ้านลำสินธุ์และ บ้านโล๊ะจังกระ เกาะเต่า และลำในใต้ กลุ่มสตรีพัฒนาบ้านโตนแพรทอง และโหล๊ะไฟ จังหวัดพัทลุง เพื่อทำการเก็บรวบรวมกล้วยไข่ที่ขนาดไม่ได้มาตรฐาน และเปลือกกล้วยไข่ โดยสีของเปลือกกล้วยทั้ง 2 พันธุ์ อยู่ในช่วงดัชนีของสีกล้วยเบอร์ 2-3 คือ สีเขียวอ่อน (green-trace of yellow) ถึงสีเขียวอมเหลือง (more green than yellow) (SH Pratt's and Co) นำวัสดุเศษเหลือที่เก็บรวบรวมได้มาคัดแยกชนิด ทำการล้างด้วยน้ำสะอาด และผึ่งให้สะเด็ดน้ำแล้วซับด้วยผ้าแห้ง จากนั้นทำการหั่นวัสดุเศษเหลือแต่ละชนิดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 1×1 ตารางเซนติเมตร แล้วแช่ในสารละลายโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.5 %(w/v) แช่ในสารละลายโพลีเอทิลลีนไกคอลความเข้มข้น 0.003%(w/v) เป็นเวลา 5 นาที เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและสารประกอบฟีนอลและแทนนิน ตามลำดับ จากนั้นผึ่งให้แห้ง แล้วทำการบรรจุใส่ถุงทึบแสงเก็บไว้ในที่มิดชิด และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนทำการศึกษาต่อไป (ผุสดี ตังวัชรินทร์, ยังไม่ได้เผยแพร่ผลงานวิจัย)

1.2) การเตรียมแป้งจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ โดยนำวัสดุเศษเหลือแต่ละชนิดของกล้วยไข่ และเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบมาอบแห้งด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำการบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช และทำการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช อบแห้งด้วยเตาอบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความดัน 0.09 MPa เป็นเวลา 25 ชั่วโมง จากนั้นทำการบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช ในขั้นตอนนี้จะได้แป้งจากเนื้อและเปลือกกล้วยดิบ ทั้งนี้วิธีการเตรียมวัตถุดิบข้างต้นดัดแปลงจากวิธีการของ Daramola and Osanyinlusi (2006) และ Wachirasiri et al. (2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3) การสกัดใยอาหารจากเปลือกกล้วยดิบ นำแป้งจากเปลือกกล้วยที่ผ่านการเตรียมมาทำสกัดใยอาหาร ตามวิธีการของ Yoshimoto et al. (2005) และ Wachirasiri et al. (2009) โดยการกำจัดไขมันด้วยการใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย ปริมาณ 5 ml/g และทำการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยตัวทำละลาย จากนั้นผสมกับน้ำในสัดส่วน 1:20 ปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 5.8 ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 N ทำการกำจัดแอมิโลสด้วยเอนไซม์แอลฟา-แอมิเลส (α-amylase) ปริมาณ 0.1 ml/g และบ่มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำการปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 7.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 N และทำการกำจัดโปรตีนด้วยเอนไซม์ protease 10 mg/g บ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 4-4.5 ด้วยสารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 N และทำการกำจัดแป้งด้วยเอนไซม์ amyloglucosidase ปริมาณ 0.1 mg/g บ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วกรองและอบให้แห้งด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช แล้วทำการบรรจุใส่ถุงปิดมิดชิด และเก็บรักษาไว้ในตู้ดูดความชื้น (desiccator) ที่อุณหภูมิห้อง ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีหาความชื้น โปรตีน ไขมัน สตาร์ช เถ้า ใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ น้ำตาล สารประกอบฟีนอล แทนนิน สมบัติเชิงหน้าที่ด้วยการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ค่าสี ดังข้อ 1.6) 1.7) และ 1.8) ตามลำดับ ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ รวมทั้งสิ้น 16 ตัวอย่าง

1.4) การสกัดรีซิสแทนสตาร์ชจากเนื้อกล้วยไข่ดิบ นำแป้งจากกล้วยไข่ และเปลือกกล้วยไข่จากข้อ 2) มาทำสกัดรีซิสแทนต์สตาร์ช ตามวิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Zhao and Lin (2009) โดยทำการไฮโดรไลซ์แป้งด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.1 mol/l ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วทำให้ค่า pH เท่ากับ 7 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 mol/l เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทำการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช จะได้รีซิสแทนต์สตาร์ช แล้วทำการบรรจุใส่ถุงปิดมิดชิด และเก็บรักษาไว้ในตู้ดูดความชื้น (desiccator) ที่อุณหภูมิห้อง ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีหาหาความชื้น โปรตีน ไขมัน สตาร์ช เถ้า ใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ น้ำตาล สารประกอบฟีนอล แทนนิน สมบัติเชิงหน้าที่ด้วยการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ค่าสี และปริมาณสตาร์ชทั้งหมด สตาร์ชที่ถูกย่อยสลายได้เร็ว สตาร์ชที่ถูกย่อยสลายได้ช้า และรีซิสแทนต์สตาร์ช ดังข้อ 1.5) 1.6) และ 1.7) ตามลำดับ ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ รวมทั้งสิ้น 16 ตัวอย่าง

1.5) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

- การวิเคราะห์หาความชื้น โปรตีน ไขมัน แป้ง (starch) เถ้า ตามวิธีของ AACC (2000)

- การวิเคราะห์หาปริมาณพรีไบโอติก ได้แก่ ฟรุคแทนส์ อินนูลิน เคสโทส และไนสโตสในแป้ง ใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกกล้วยไข่และกล้วยไข่ดิบ ด้วยวิธี High-performance liquid chromatography (HPLC) ตามวิธีของ Livingston (1990) และ Zhi-fu et al. (2009) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ รวม 12 ตัวอย่างต่อการวิเคราะห์ และรวมทั้งสิ้น 48 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ และสัดส่วนของใยอาหารที่ละลายน้ำได้และใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ ด้วยชุดทดสอบ dietary fiber (Megazyme, Ireland)

- การวิเคราะห์ปริมาณรีซิสแทนต์สตาร์ช ทำการวิธีการของ Englyst et al. (1996) และ Sharavathy et al. (2001) โดยมีสามารถสรุปพอสังเขปได้ดังภาพที่ 5 จากนั้นทำการคำนวณหาปริมาณสตาร์ชทั้งหมด สตาร์ชที่ถูกย่อยสลายได้เร็ว สตาร์ชที่ถูกย่อยสลายได้ช้า และรีซิสแทนต์สตาร์ช ด้วยชุดทดสอบ resistant starch (Megazyme, Ireland) สมการต่อไปนี้

$$TS = (TG - FG) \times 0.9$$

$$RDS = (G120 - FG) \times 0.9$$

$$SDS = (G120 - G20) \times 0.9$$

$$RS = TS - (RDS + SDS)$$

เมื่อ TS (total starch) หมายถึง สตาร์ชทั้งหมด

RDS (rapidly digestible starch) หมายถึง สตาร์ชที่ถูกย่อยสลายได้เร็ว

SDS (slowly digestible starch) หมายถึง สตาร์ชที่ถูกย่อยสลายได้ช้า

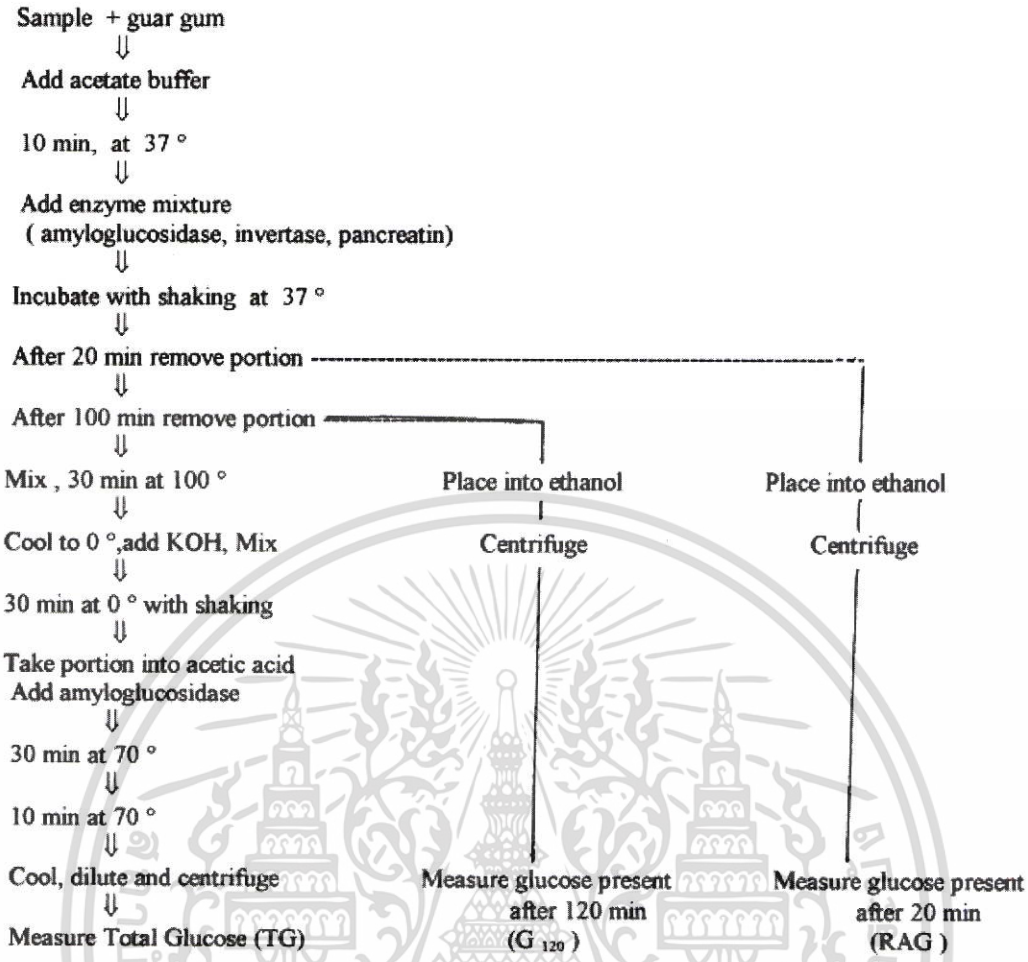
RS (resistant starch) หมายถึง รีซิสแทนต์สตาร์ช

- การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล ตามวิธีของ Dubois et al. (1956)

1.6) การวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ด้วยการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน และการบวมน้ำ ตามวิธีการของ Larrauri et al. (1996)

1.7) การวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE chromaticity coordinates (L^* a^* และ b^*) ด้วยเครื่อง ColorFlex Firmware version 1.72 (HunterLab Association, Inc., USA.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณรีซิสแทนต์สตาร์ช
ที่มา: Englyst et al. (1996)

3.2.1.2 การเตรียมแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชเป็นองค์ประกอบ ซึ่งดัดแปลงจากแบบจำลองแหนมตามวิธีการของ อดิศร เสวตวิวัฒน์ และคมแข พิลาสมบัติ (2555) ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

- meat extract	10 กรัม
- tryptone	10 กรัม
- sodium ascorbate	0.5 กรัม
- sodium tri-polyphosphate	3 กรัม
- glucose	10 กรัม
- sodium chlorite	25 กรัม
- ข้าวสุก	2 กรัม
- น้ำกลั่น	1,000 มิลลิลิตร

นำผสมส่วนประกอบตามปริมาณที่ระบุไว้ ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 900 มิลลิลิตร คนให้ส่วนผสมละลายจนหมดและปรับพีเอชประมาณ 6.8 แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบปริมาตร 1000 มิลลิลิตร เสร็จแล้วบรรจุลงขวดที่มีฝาปิด ปริมาตรขวดละ 100 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วทำการเติมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชแต่ละชนิดให้มีความเข้มข้น 1% (w/v) แล้วทำการพาสเจอไรส์ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และทำการเตรียมโซเดียมไนไตรท์ 0.1 กรัม ละลายน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปผ่านแผ่นกรองจุลินทรย์ขนาด 0.2 ไมโครลิตร กรองใส่หลอดไมโครเซนตริฟิวจ์ ในการนำไปใช้ดูดมา 10 ไมโครลิตร เติมลงในขวดแบบจำลองไส้กรอกอีสาน ปริมาตรขวดละ 100 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นนำกระเทียมสดมาปอกเปลือก ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ปลอดเชื้อ หลังจากนั้นนำไปแช่ใน 95% ethanol เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ หลังจากนั้นนำไปหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ในตู้ปลอดเชื้อ อุปกรณ์ที่ใช้หั่นก็ต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วย จากนั้นนำกระเทียมหั่น 5 กรัม เติมลงในขวดแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีการเติมโซเดียมไนไตรท 100 ppm ปริมาตรขวดละ 100 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จะได้แบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีกระเทียมที่มีความเข้มข้น 5% (w/v) ร่วมกับโซเดียมไนไตรท์ที่มีความเข้มข้น 100 ppm และใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชความเข้มข้น 1% (w/v)

2) การเตรียมผงแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ แบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินที่ผ่านการคัดเลือกจากการศึกษาก่อนหน้านี้ที่แยกเชื้อจากอาหารหมักไทยของ stock culture collection สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้แก่ เชื้อ *Lactococcus lactis* subsp. *lactic* โดยทำการจัดเก็บ stock culture ไว้ที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เมื่อต้องการทำการทดลอง นำ stock culture มาละลายน้ำแข็ง และทำการเพาะเลี้ยงบน MRS agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะไร้อากาศ แล้วถ่ายเชื้อลงใน MRS broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง เพื่อให้เชื้ออยู่ในสภาวะ late log phase (non-stressed cells) ดัดแปลงจากวิธีของ Tangwatcharin et al. (2006) และ Guergoletto et al. (2010) จากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 14,000 ×g เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกแบคทีเรียออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อเดิม แล้วล้างเซลล์แบคทีเรียด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% (w/v) และ ทำการล้างเช่นนี้ 3 ครั้ง จะได้สารละลายแบคทีเรียความเข้มข้นประมาณ 10^8-10^9 cfu/ml โดยมีค่า OD_{600} อยู่ในช่วง 0.7-0.8 จากนั้นทำการเติมแบคทีเรียโพรไบโอติกลงสารละลายซูโครสความเข้มข้น 40 g/l ในสัดส่วน 1:10 บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการเติมในใยอาหารหรือรีซิสแทนต์สตาร์ชในสัดส่วน 12:10 (v:w) ให้มีจำนวนเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10^7-10^8 cfu/g ผสมให้เข้ากัน ปรับให้ค่า pH อยู่ในช่วง 5.5-6.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต แล้วทำแห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนมีค่า a_w อยู่ที่ 0.30-0.35 จะมีจำนวนเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10^7 cfu/g (ผุสดี ตังวัชรินทร์ และคณะ, 2556)

3) วิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก ตามวิธีการของ Swetwiwathana et al. (2007) คือ การตรวจนับแบคทีเรียโพรไบโอติกแต่ละชนิด ที่ระยะเวลาบ่มต่าง ๆ โดยวิธีการ pour plate ด้วย MRS agar ที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนต และทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะไร้อากาศ จากนั้นตรวจนับปริมาณโคโลนีของเชื้อที่มีโซนใสรอบโคโลนี และสุ่มตรวจดูลักษณะของเชื้อด้วยการย้อมสีแกรม และ catalase test

4) วิเคราะห์ค่า pH ในระหว่างการหมักของแบบจำลองไส้กรอกอีสาน

5) การเตรียมแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร

ชนิดแบคทีเรียที่ใช้ คือ เชื้อ *L. monocytogenes Staph. aureus Salmonella* และ *E. coli* ที่แยกได้จากเนื้อสุกร ซึ่งวิธีการจัดเตรียมเชื้อโดยทำการจัดเก็บ stock culture ไว้ที่อุณหภูมิ -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20°C เมื่อต้องการทำการทดลอง นำ stock culture มาละลายน้ำแข็ง และทำการเจริญบน Plate count agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22-24 ชั่วโมง เพื่อให้เชื้ออยู่ในสภาวะ late log phase (non-stressed cells) ตามวิธีของ Tangwatcharin et al. (2006) จะได้สารละลายแบคทีเรียความเข้มข้นประมาณ 10^8-10^9 cfu/ml และทำการเจือจางให้มีแบคทีเรียเริ่มต้นประมาณ 10^3 cfu/ml

6) การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเจริญแบคทีเรียก่อโรคในแบบจำลองไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

จากการศึกษาในข้อ 3.3.2.1 ภายหลังที่ทำการบ่มเชื้อ *Salmonella* Rissen *E. coli* *S. aurues* และ *L. monocytogenes* ในแบบจำลองการหมักไส้กรอกอีสานที่เติมผงแบคทีเรียโพรไบโอติกร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ทำการวิเคราะห์ปริมาณ Population density estimate ของแบคทีเรียก่อโรคแต่ละชนิดที่เหลืออยู่ก่อนและหลังบ่มในแบบจำลองการหมักไส้กรอกอีสานบนอาหาร Mueller Hinton agar (MHA) เพื่อหาปริมาณ total culturable cells และอาหารเลี้ยงเชื้อ Hektoen Enteric agar (HE) ที่มีการเติมยาปฏิชีวนะ novomyocin Violet red bile agar (VRB) Bair-Parker agar (BP) ที่มีการเติมยาปฏิชีวนะ sulphamethazine และ oxford Listeria selective agar ที่มีการเติม oxford Listeria selective supplement เพื่อหาปริมาณ culturable cells ของเชื้อ *S.* Rissen *E. coli* *Staph. aurues* และ *L. monocytogenes* ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อและยาปฏิชีวนะที่เติมสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่บาดเจ็บ (เช่น ผนังเซลล์รั่ว และควบคุมการเข้า-ออกของสารบกพร่อง เป็นต้น ทำให้เชื้อดังกล่าวมีความไวต่อยาปฏิชีวนะมากกว่าเชื้อปกติ) โดยทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Tangwatcharin et al. (2006)

7) การวิเคราะห์ข้อมูล

- ทำการบันทึกข้อมูลปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกแต่ละชนิด แลกเตท อะซิเตท โพรพิโอเนท บิวทิวเรท น้ำตาลรีดิวซ์ และค่า pH

- ทำการวิเคราะห์หาค่าจลพลศาสตร์การเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกแต่ละชนิด โดยคำนวณหาค่าอัตราการเจริญสูงสุด (μ_{max}) และ ชั่วอายุ (generation time, λ) ตามวิธีการของ Oliveira, Perego, Oliveira and Converti (2011) ดังสมการต่อไปนี้

$$\mu_{max} = \ln(X_2/X_1)/(t_2-t_1);$$ X_1และ X_2 คือจำนวนแบคทีเรีย t_1และ t_2 คือระยะเวลาในการบ่ม

$$\lambda = \ln 2/\mu_{max}$$

- นำข้อมูลไปประมวลผล Population density estimate ในข้อ 13.2.1.9 หาค่า non-stressed และ stressed cells ของแบคทีเรียแต่ละชนิด ดังสมการ

Stressed cells = Total culturable – culturable

Non-stressed cells = Culturable

- ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจลพลศาสตร์การเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกแต่ละสายพันธุ์ ค่า pH และความสามารถในการยับยั้งการเจริญแบคทีเรียก่อโรคด้วยโปรแกรม SAS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Statistical Analysis Systems Institute, 1998) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3.2.2 ผลของการเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานต่อการยอมรับของผู้บริโภค

นำใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชร่วมกับกับแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินที่เหมาะสมที่สุดโดยผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3.3.2.1 มาทำประยุกต์ใช้ในไส้กรอกอีสานที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยทำการศึกษาผลของการเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากกล้วยไข่ดิบหรือเปลือกกล้วยไข่ร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกในไส้กรอกอีสานต่อองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิต คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสาน โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ 3×2 factorial in CRD โดยปัจจัย A คือเปอร์เซ็นต์ของใยอาหารจากเปลือกกล้วยดิบ และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเนื้อกล้วยดิบร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกมี 3 ระดับ ได้แก่ 0 3 และ 6% และปัจจัย B คือสภาวะการหมัก 2 สภาวะ ได้แก่ บรรจุในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และแบบสด (แขวนและบ่มที่อุณหภูมิห้อง) เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิต คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสาน ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ รวม 18 ตัวอย่างต่อการวิเคราะห์ต่อใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและกล้วยดิบ

1) การเตรียมผงใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติก โดยทำการเตรียมเช่นเดียวกันกับข้อ 3.3.2.1

2) การผลิตไส้กรอกอีสาน

ใช้เนื้อสุกรและมันแข็งสุกรมาบดหยาบและผสมกับส่วนผสมต่าง ๆ ตามสูตรการทำไส้กรอกอีสาน ในตารางที่ 8 แล้วทำการเติมผงใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกในสัดส่วนต่าง ๆ แล้วแบ่งส่วนผสมบรรจุในไส้หมู ทำการหมักแบบสดโดยใส่ถุงพลาสติกปิดสนิทเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และหมักแบบกึ่งแห้งโดยแขวนที่อุณหภูมิห้อง ทำการหมักเป็นเวลา 3 วัน และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 8 สูตรการผลิตไส้กรอกอีสานเนื้อสุกร 5 กิโลกรัม

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
เนื้อไหล่	3,400
มันแข็ง	850
ข้าวสวย	750
เกลือไนไตรท	65
ฟอสเฟต	15
น้ำตาลทราย	25
ผงชูรส	10
พริกไทย	20
กระเทียมปอกเปลือกสับ	250

ดัดแปลงจาก: วิรัตน์ สุมน และณัฐยาพร สุมน (2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- การวิเคราะห์ค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter
- ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างกระบวนการหมัก

4) วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- การวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก ดัดแปลงจากวิธีการของ Swetwiwathana et al. (2007) และสุ่มตรวจดูลักษณะของแบคทีเรียด้วยการย้อมสีแกรม catalase test และ API
- การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรียทั้งหมด ยีสต์และรา ทำตามวิธีของ BAM (2001a, 2001b)

5) วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏเนื้อสัมผัส (chewiness and hardness) กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 7-Point hedonic scale จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน

6) การวิเคราะห์ข้อมูล

- ทำการบันทึกข้อมูลปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก ค่า pH ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างกระบวนการหมัก และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานแต่ละสูตร
- วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก ค่า pH ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างกระบวนการหมัก และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกหรือกล้วยดิบ โดยใช้ GLM procedure ด้วยโปรแกรม SAS (Statistical Analysis Systems Institute, 1998) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- ทำการคัดเลือกสูตรของไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกหรือกล้วยดิบอย่างละ 1 สูตร โดยพิจารณาจากปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก คุณภาพทางประสาทสัมผัส และสมบัติทางกายภาพ ตามลำดับ เพื่อทำการศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกหรือกล้วยดิบต่อไป

3.3.2.3 การรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

1) การการรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ 3×4 factorial in CRD โดยปัจจัย A คือ สูตรไส้กรอกอีสาน มี 3 ระดับ ได้แก่ กลุ่มควบคุม ไส้กรอกเสริมใยอาหารจากเปลือกกล้วยดิบความเข้มขน 3 เปอร์เซ็นต์ และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากกล้วยดิบความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัย B คือ ระยะเวลาการหมักไส้กรอกอีสานมี 4 ระดับ ได้แก่ 0 1 2 และ 3 วัน ทำการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่สภาวะหมักคัดเลือกจากข้อ 3.3.2.2 โดยทำการเติมเชื้อ *L. monocytogenes Staph. aureus Salmonella* และ *E. coli* ลงในส่วนผสมไส้กรอกอีสานก่อนบรรจุไส้ ให้มีเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10^3 cfu/g แล้วทำการหมักที่ระยะเวลาต่าง ๆ จากนั้นทำการตรวจแบคทีเรียก่อโรคและแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิตในไส้กรอกอีสาน ค่า a_w

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณกรดทั้งหมด และ ค่า pH ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รวม 24 ตัวอย่างต่อการวิเคราะห์ และรวมทั้งสิ้น 168 ตัวอย่าง

2) การเตรียมผงใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติก โดยทำการเตรียมเช่นเดียวกันกับข้อ 3.3.2.1

3) การเตรียมแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารโดยทำการเตรียมเช่นเดียวกันกับข้อ 3.3.2.1

4) วิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก ดัดแปลงจากวิธีการของ Swetwiwathana et al. (2007) และสุ่มตรวจดูลักษณะของแบคทีเรียด้วยการย้อมสีแกรม catalase test และ API

5) วิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร ก่อนและระหว่างกระบวนการหมักทำการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียก่อโรคแต่ละชนิดที่เหลืออยู่บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Hektoen Enteric agar (HE) ที่มีการเติมยาปฏิชีวนะ novomyocin Violet red bile agar (VRB) Bair-Parker agar (BP) และ oxford Listeria selective agar ที่มีการเติม oxford Listeria selective supplement ตามลำดับ โดยทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Tangwatcharin et al. (2006) และ BAM (2001c, 2002, 2003, 2007)

6) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกและแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารที่รอดชีวิตในระหว่างกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ช โดยใช้ GLM procedure ด้วยโปรแกรม SAS (Statistical Analysis Systems Institute, 1998) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3.2.4 ศึกษาการอายุการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

ทำการศึกษาการอายุการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ ทำการวางแผนการทดลองแบบ 3×6 factorial in CRD โดยปัจจัย A คือ สูตรไส้กรอกอีสาน มี 3 ระดับ ได้แก่ กลุ่มควบคุม ไส้กรอกเสริมใยอาหารจากเปลือกกล้วยความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากกล้วยน้ำว้าดิบความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัย B คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานมี 6 ระดับ ได้แก่ 0 1 2 4 8 และ 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการตรวจนับแบคทีเรียโพรไบโอติก ยีสต์และรา เชื้อ *L. monocytogenes Staph. aureus Salmonella* และ *E. coli* ที่รอดชีวิตในไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ คุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานโดยพิจารณาจากการยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ทำการประเมินต้นทุนและความคุ้มทุนในการผลิตไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร หรือรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

1) วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- การวิเคราะห์หาปริมาณยีสต์และรา ทำตามวิธีของ BAM (2001b)
- การวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก ดัดแปลงจากวิธีการของ Swetwiwathana et al. (2007) และสุ่มตรวจดูลักษณะของแบคทีเรียด้วยการย้อมสีแกรม catalase test และ API

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในระหว่างการเก็บรักษา ทำการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียก่อโรคแต่ละชนิดที่เหลืออยู่เช่นเดียวกับข้อ 3.3.2.1 ตามวิธีของ Tangwatcharin et al. (2006) และ BAM (2001c, 2002, 2003, 2007)

2) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทำการวิเคราะห์ค่า pH และค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างเก็บรักษา

3) ทดสอบการยอมรับได้ของผู้บริโภค ตามวิธีการของ Villegas et al. (2010) โดยมีผู้ทดสอบกลุ่มใหม่ จำนวน 75 คน ด้วยวิธีเปรียบเทียบความแตกต่างจากไส้กรอกอีสานทางการค้าด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

4) ต้นทุนการผลิตของไส้กรอกอีสานแต่ละสูตร ดังสมการต่อไปนี้

ต้นทุนการผลิต = ค่าวัตถุดิบ + ค่าสารเคมี + ค่าน้ำ + ค่าไฟฟ้า + ค่าแรงงาน + ค่าเสื่อมราคาเครื่องมือต่าง ๆ

5) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางจุลินทรีย์ กายภาพ และประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแตนสตาร์ชร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซิน โดยใช้ GLM procedure ด้วยโปรแกรม SAS (Statistical Analysis Systems Institute, 1998) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การคัดเลือกแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินที่สามารถเจริญในแบบจำลองไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของเปลือกและเนื้อกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าดิบ

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกและเนื้อกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าดิบพบว่าองค์ประกอบทางเคมีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) องค์ประกอบทางเคมีต่างๆ (ตารางที่ 9) โดยเปลือกกล้วยไข่และกล้วยน้ำว้าดิบมี dry matter 7.19 ± 0.14 และ 8.01 ± 0.26 g/100 g ตัวอย่างตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Happi Emaga et al. (2007) ที่พบว่าเปลือกกล้วยดิบมีค่า 9.5 g/100 g ตัวอย่าง ซึ่งในการศึกษานี้ยังพบว่าเปลือกกล้วยทั้งสองสายพันธุ์มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุดเท่ากับ 69.74±3.00 และ 74.34 ± 1.29 g/100 g dry matter ตามลำดับ รองลงมาคือปริมาณเยื่อใย เซลลูโลส เถ้า โปรตีน ลิกนิน และไขมัน ตามลำดับ โดยเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และน้ำตาลทั้งหมดมากกว่าเปลือกกล้วยไข่ดิบ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกล้วยทั้งสองสายพันธุ์ที่พบปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุดที่สุดคือ 91.16±0.45 และ 92.88 ± 0.03 g/100 g dry matter ตามลำดับ รองลงมาคือปริมาณโปรตีน เยื่อใย เถ้า เซลลูโลส ไขมัน และลิกนิน ตามลำดับ โดยเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต เยื่อใย เซลลูโลส และน้ำตาลทั้งหมดมากกว่าเปลือกกล้วยไข่ดิบ ($P \leq 0.05$) ผลจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วยและเนื้อกล้วยไข่ดิบแสดงให้เห็นว่า เปลือกกล้วยเป็นแหล่งเยื่อใยและเนื้อกล้วยดิบทั้งสองสายพันธุ์เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต โดยกล้วยน้ำว้าดิบมีองค์ประกอบทางเคมีมีความเหมาะสมในการนำไปสกัดใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชมากกว่ากล้วยไข่ดิบ ทั้งนี้จึงนำกล้วยน้ำว้าเป็นวัตถุดิบหลักในการศึกษาต่อไป

4.1.2 องค์ประกอบทางเคมี สมบัติเชิงหน้าที่ และสมบัติทางกายภาพบางประการของใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ

4.1.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกกล้วยและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบพบว่า ใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด เท่ากับ 91.04±0.16 และ 97.01±0.11 g/100 g dry matter ตามลำดับ โดยใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้มากกว่ารีซิสแทนต์สตาร์ชจากเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่รีซิสแทนต์สตาร์ชจากกล้วยน้ำว้าดิบมีปริมาณสตาร์ชทั้งหมด รีซิสแทนต์สตาร์ช และนอน-รีซิสแทนต์สตาร์ชมากกว่าใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ (ตารางที่ 10) ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้กรดซิตริกในการสกัดรีซิสแทนต์สตาร์ชเปลี่ยนนอน-รีซิสแทนต์ เป็นน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวส์ (Zhao and Lin, 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางเคมี[1] ของเปลือกและเนื้อกล้วยไข่ดิบและกล้วยน้ำว้า

องค์ประกอบทางเคมี[2]	เปลือกกล้วย[3]		เนื้อกล้วย[3]	
	กล้วยไข่ดิบ	กล้วยน้ำว้าดิบ	กล้วยไข่ดิบ	กล้วยน้ำว้าดิบ
เถ้า	14.58 ± 0.50	14.52 ± 0.43	2.52 ± 0.16	2.50 ± 0.02
ไขมัน	4.82 ± 1.32	5.17 ± 0.29	1.15 ± 0.17^{A}	1.63 ± 0.03^{B}
โปรตีน	10.85 ± 1.63^{A}	5.97 ± 0.87^{B}	5.16 ± 0.28^{A}	2.99 ± 0.01^{B}
คาร์โบไฮเดรต	69.74 ± 3.00^{A}	74.34 ± 1.29^{B}	91.16 ± 0.45^{A}	92.88 ± 0.03^{B}
เยื่อใย	49.23 ± 0.26^{A}	52.18 ± 0.17^{B}	3.09 ± 0.09^{A}	1.69 ± 0.16^{B}
เซลลูโลส	23.60 ± 0.78	24.74 ± 0.64	2.21 ± 0.25^{A}	1.19 ± 0.05^{B}
ลิกนิน	5.50 ± 0.55	6.16 ± 0.43	0.38 ± 0.11	0.27 ± 0.08
น้ำตาลทั้งหมด	4.07 ± 0.60^{A}	5.49 ± 0.17^{B}	6.96 ± 0.03^{A}	8.16 ± 0.07^{B}

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

[2] เถ้าไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย เซลลูโลส ลิกนินคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลทั้งหมด มีหน่วยเป็น g/ 100 g dry matter

[3] A, B ตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกันของชนิดตัวอย่างเดียวกันมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤ 0.05)

4.1.2.2 คุณสมบัติเชิงหน้าที่และสมบัติทางกายภาพบางประการของใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกกล้วยและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกกล้วยและเนื้อกล้วยดิบโดยทำการทดสอบความสามารถในการอุ้มน้ำ อุ้มน้ำมัน และค่าสี พบว่า ใยอาหารมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่ารีซิสแทนท์สตาร์ช (P ≤ 0.05) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.54±0.24 และ 2.96±0.17 g water/g dry mater ตามลำดับ ยิ่งไปกว่านั้นใยอาหารยังมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันได้ดีกว่ารีซิสแทนท์สตาร์ช (P ≤ 0.05) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.75±0.29 และ 6.26±0.48 g oil/g dry mater ตามลำดับ สำหรับค่าสี พบว่า รีซิสแทนต์สตาร์ชจะมีค่า *L** มากกว่าใยอาหาร (P ≤ 0.05) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 65.25±0.13 และ 54.21±0.18 ตามลำดับ แต่มีค่าสี *a**และ *b** ของใยอาหารและรีซิสแทนท์สตาร์ชมีความแตกต่างกันอย่างไม่นัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ใยอาหารมีปริมาณฟรุคแทนส์มากกว่ารีซิสแทนท์สตาร์ช (P ≤ 0.05) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4,850±216 และ 1,156±101 µg/g dry matter ฟรุคแทนส์ในกล้วยประกอบเคสโทน ไนสโตส และอินูโลไบโอส แต่จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าไม่สามารถตรวจพบอินูโลไบโอสในเนื้อกล้วยได้ โดยมีเคสโทสเป็นองค์ประกอบหลัก (L'homme et al., 2001) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่าใยอาหารและรีซิสแทนท์สตาร์ชมีปริมาณเคสโทสเท่ากับ 4,585±213 และ 1,156±101 µg/g dry matter ตามลำดับ ในขณะที่ใยอาหารตรวจพบไนสโตสได้ 265±19 µg/g dry matter แต่รีซิสแทนต์สตาร์ทตรวจไม่พบไนสโตส สอดคล้องกับการศึกษา L'homme et al. (2001) ที่ตรวจไนสโตสไม่พบทั้งในกล้วยดิบและสุก เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับ Der Agopian et al. (2008) ที่ตรวจไนสโตสไม่พบในกล้วยหลายสายพันธุ์ ตรวจพบได้เฉพาะกล้วยสายพันธุ์ Prata เท่านั้น (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมี[1, 2]ของใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกกล้วยและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ

องค์ประกอบทางเคมี[3]	ใยอาหาร	รีซิสแทนต์สตาร์ช
เถ้า	8.31±0.14^{A}	2.05±0.11^{B}
ไขมัน	0.59±0.03^{A}	0.81±0.03^{B}
เยื่อใย	86.62±0.46^{A}	36.47±1.22^{B}
เฮมิเซลลูโลส	17.99±0.48^{A}	16.44±0.34^{B}
เซลลูโลส	42.27±0.70^{A}	8.46±0.22^{B}
ลิกนิน	8.59±0.27^{A}	4.49±0.37^{B}
โปรตีน	0.06±0.01^{A}	0.13±0.01^{B}
คาร์โบไฮเดรต	91.04±0.16^{A}	97.01±0.11^{B}
น้ำตาลทั้งหมด	0.39±0.06^{A}	1.03±0.06^{B}
น้ำตาลรีดิวซ์	0.26±0.01^{A}	0.31±0.01^{B}
สตาร์ช	12.03±0.71^{A}	62.72±1.01^{B}
รีซิสแทนต์สตาร์ช	2.12±0.30^{A}	41.71±0.26^{B}
นอน-รีซิสแทนต์สตาร์ช	9.90±1.41^{A}	21.01±0.04^{B}
ใยอาหารทั้งหมด	78.62±1.12^{A}	33.26±0.58^{B}
ใยอาหารที่ละลายน้ำได้	12.19±0.29^{A}	3.07±0.32^{B}
ใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้	66.43±0.88^{A}	30.19±0.71^{B}
เคสโทส	4,585±213^{A}	1,156±101^{B}
ไนสโตส	265±19	ND[4]
ฟรุคแทนส์	4,850±216^{A}	1,156±101^{B}

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

[2] ^{AB} ตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกันมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

[3] เถ้าไขมัน โปรตีนเยื่อใยคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด มีหน่วยเป็น g/ 100 g dry matter

[4] ND หมายถึง ไม่พบไนสโตส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 สมบัติทางกายภาพบางประการ[1, 2]ของผงจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ ใยอาหาร และรีซิสแทนต์-สตาร์ชจากเปลือกกล้วยและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ

สมบัติทางกายภาพบางประการ[3]	ใยอาหาร	รีซิสแตนส์สตาร์ช[3]
การอุ้มน้ำ	13.54±0.24[A]	2.96±0.17[B]
การอุ้มน้ำมัน	7.75±0.29[A]	6.26±0.48[B]
a_w	0.35±0.02	0.34±0.04
ค่าสี *L* *	54.21±0.18[A]	65.25±0.13[B]
ค่าสี *a* *	3.37±0.26	2.57±0.30
ค่าสี *b* *	13.94±0.38	13.79±0.09

[1] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง3ซ้ำ

[2 A-D] ตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกันมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

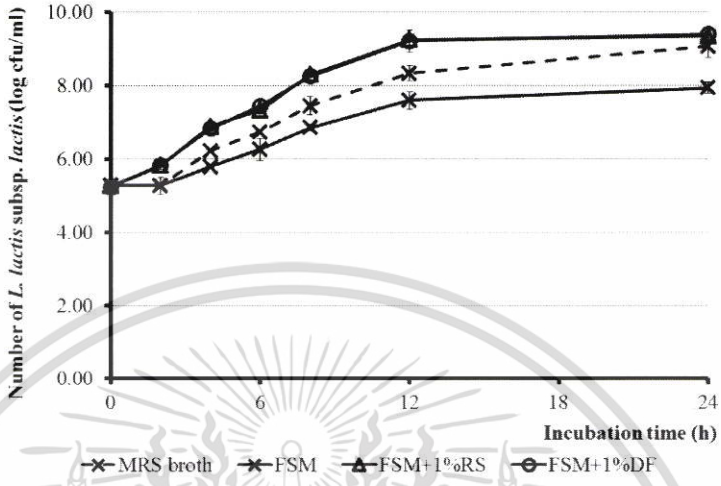
[3] การอุ้มน้ำ มีหน่วยเป็น g water/g dry mater และการอุ้มน้ำมัน มีหน่วยเป็น g oil/g dry mater

4.1.3 การเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีการเติมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบเป็นองค์ประกอบ

จากการศึกษาการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีการเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบเป็นองค์ประกอบ โดยทำการตรวจนับปริมาณของเชื้อ *Lactococcus lactis* subsp. *lactic* ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ของแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth) พบว่า เชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ในอาหารที่เลี้ยงเชื้อ MRS broth แบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบสามารถเจริญได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอกอีสาน (ภาพที่ 6) และเมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าจลนพลศาสตร์การเจริญของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* โดยคำนวณหาอัตราการเจริญสูงสุด (μ_{max}) และระยะเวลาหนึ่งชั่วอายุ (generation time, λ) พบว่า แบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีการเติมรีซิสแทนต์สตาร์ชและใยอาหารจะส่งเสริมให้อัตราการเจริญของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มากกว่ากลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอกที่ไม่เติมพรีไบโอติก ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าอัตราการเจริญสูงสุดเท่ากับ 0.93±0.03 0.92±0.06 0.54±0.04 และ 0.29±0.02 log cfu/ชั่วโมง ตามลำดับ (ภาพที่ 7ก) ซึ่งสอดคล้องกับระยะเวลาหนึ่งชั่วอายุของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่มีค่าผกผันกับอัตราการเจริญสูงสุด โดยพบว่า เชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่บ่มในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีการเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชมีระยะเวลาหนึ่งชั่วอายุน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.75±0.02 และ 0.76±0.05 ชั่วโมง ตามลำดับ รองลงมาคือ กลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอกอีสาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.28±0.09 และ 2.42±0.16 ชั่วโมง ตามลำดับ ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 7ข) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียแลกติกสามารถผลิตเอนไซม์ cellulose และ hemicellulose ได้ (Sharp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

et al., 1992) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาข้างต้นที่พบว่าใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสค่อนข้างสูง

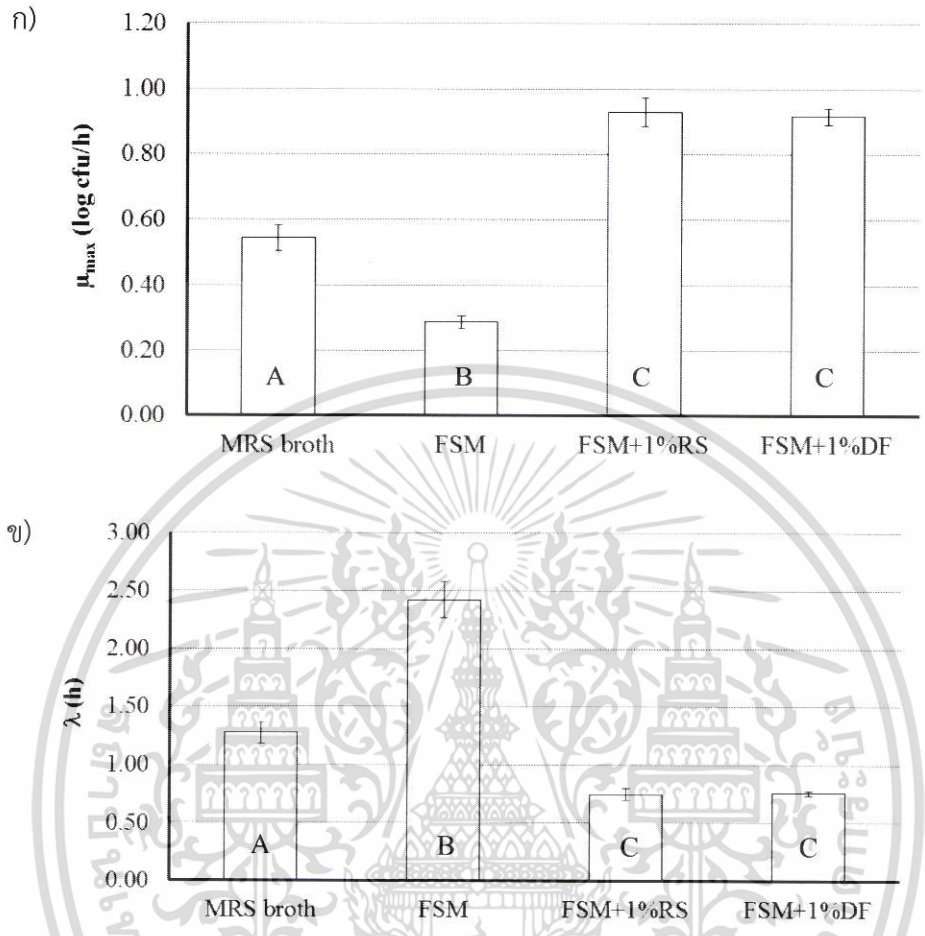


ภาพที่ 6 การเจริญของของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth (กลุ่มควบคุม) และแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ

นอกจากนี้ยังพบว่า แบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีการเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ มีค่า pH ลดลง และปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาการบ่ม 6-12 ชั่วโมง (ภาพที่ 8ก และ 8ข) ในขณะที่แบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมพรีไบโอติกมีค่า pH ลดลง และปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างช้าตลอดระยะเวลาการบ่ม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ทำการศึกษาผลการเติมใยอาหารและรีซิสแทนท์สตาร์ชในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth ต่อการเจริญของเชื้อ *L. plantarum* พบว่าค่า pH ลดลอง และปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงตามระยะเวลาการบ่มที่นานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อ *L. plantarum* ใช้น้ำตาลรีดิวซ์เป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตกรด ส่งผลให้อาหารเลี้ยงเชื้อมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลงลง แต่ค่า แต่อย่างไรก็ตาม กลุ่มที่มีการเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น และค่า pH ลดลงเร็วกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการเจริญสูงสุดและระยะเวลาหนึ่งชั่วอายุ ที่พบว่า แบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีการเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชช่วยส่งเสริมให้เชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* สามารถเจริญได้อย่างรวดเร็ว ทำให้มีอัตราการเจริญสูงสุดมากที่สุดและระยะเวลาหนึ่งชั่วอายุน้อยที่สุด

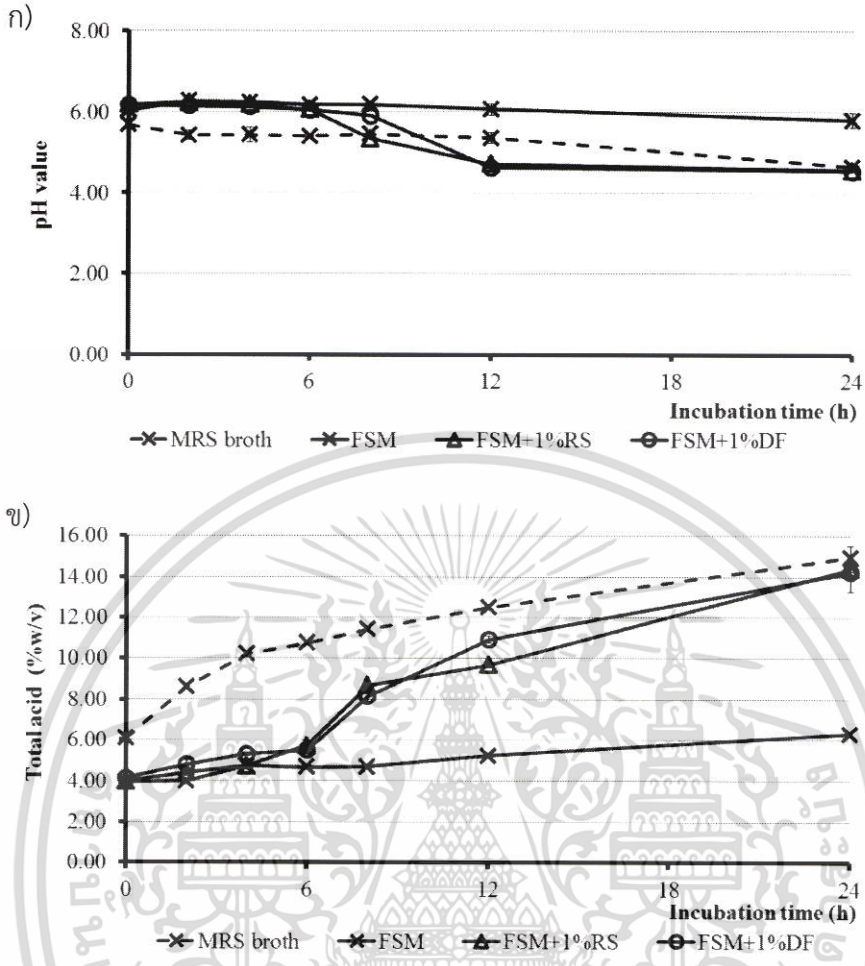
ดังนั้นจากผลการศึกษาการเจริญ อัตราการเจริญสูงสุด และระยะเวลาหนึ่งชั่วอายุของแบคทีเรียโพรไบโอติก ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบเป็นองค์ประกอบแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชมีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 อัตราการเจริญสูงสุด (μ_{max}) (ก) และระยะเวลาหนึ่งชั่วอายุ (generation time, λ) (ข) ของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth (กลุ่มควบคุม) และแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบโดย A-C คือตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



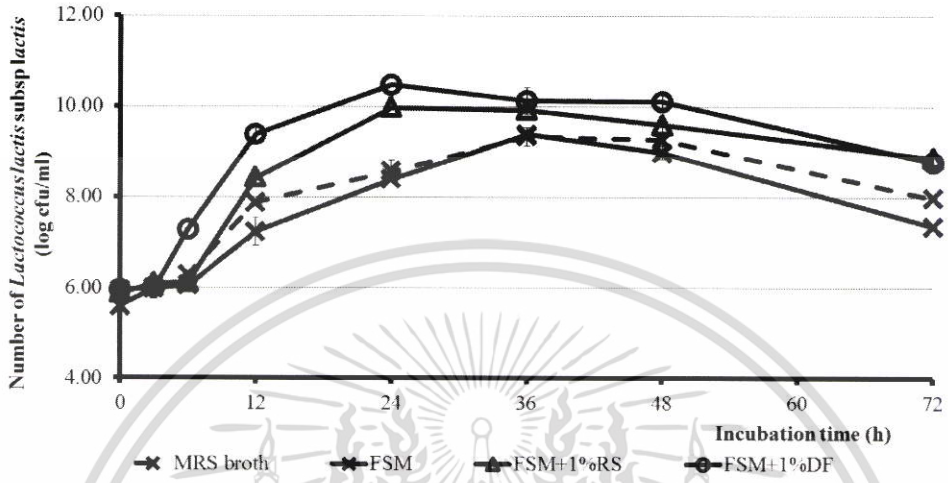
ภาพที่ 8 ค่า pH (ก) และปริมาณกรดทั้งหมด (ข) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth (กลุ่มควบคุม) และแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบที่ระยะเวลาบ่มเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* 0 2 4 6 8 12 และ 24 ชั่วโมง

4.1.4 ความสามารถในการยับยั้งการเจริญแบคทีเรียก่อโรคในแบบจำลองไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

จากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเจริญแบคทีเรียก่อโรคในแบบจำลองไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic Listeria monocytogen Staphylococcus aureus Esherichia coli* และ *Samonella* sp. ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth และแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบที่ระยะเวลาบ่ม 0 2 6 12 24 36 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่าเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* สามารถเจริญอย่างรวดเร็วในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่เติมใยอาหารและรีซิสแทนท์สตาร์ชในช่วงระยะเวลาการบ่ม 24 ชั่วโมง จนมีปริมาณ 9.98-10.48 log cfu/ml หลังจากนั้นแบคทีเรียแลกติกมีปริมาณลดลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาบ่ม 72 ชั่วโมง โดยมีปริมาณแบคทีเรียแลกติกช่วงท้ายของการบ่ม 8.78-8.87 log cfu/ml ในขณะที่กลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีสานมีการเจริญของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ค่อนข้างช้าในช่วงระยะเวลาการบ่ม 36 ชั่วโมง จนมีปริมาณ 9.34-9.39 log cfu/ml หลังนั้นแบคทีเรียแลกติกมีปริมาณลดลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาบ่ม 72 ชั่วโมง โดยมีปริมาณแบคทีเรียแลกติกช่วงท้ายของการบ่ม 7.35-7.97 log cfu/ml (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 การเจริญของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth และแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เติมและเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบที่ระยะเวลาบ่มนาน 72 ชั่วโมง

ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเจริญแบคทีเรียก่อโรคในแบบจำลองไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ ที่พบว่า ปริมาณของเชื้อ *Listeria monocytogenes* ในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่เติมเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนท์สตาร์ชจาก 3.40-3.51 log cfu/ml ลดลงอย่างรวดเร็วจนไม่สามารถตรวจพบได้ภายในเวลา 24 ชั่วโมง ในขณะที่กลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอกอีสานต้องใช้เวลาถึง 36 ชั่วโมง จึงจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. monocytogenes* ได้อย่างสมบูรณ์ (ภาพที่ 10ก) เช่นเดียวกับปริมาณของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่เติมเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนท์สตาร์ชจาก 3.35-3.36 log cfu/ml ลดลงอย่างรวดเร็วจนไม่สามารถตรวจพบได้ภายในเวลา 24 ชั่วโมง ในขณะที่กลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอกอีสานต้องใช้เวลาถึง 48 ชั่วโมง จึงจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* ได้อย่างสมบูรณ์ (ภาพที่ 10ข) เช่นเดียวกับปริมาณของเชื้อ *Escherichia coli* ในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่เติมเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนท์สตาร์ชจาก 3.73-3.77 log cfu/ml ลดลงอย่างรวดเร็วจนไม่สามารถตรวจพบได้ภายในเวลา 24 ชั่วโมง ในขณะที่กลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอกอีสานต้องใช้เวลาถึง 36 ชั่วโมง จึงจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* ได้อย่างสมบูรณ์ (ภาพที่ 10ค) เช่นเดียวกับปริมาณของเชื้อ *Salmonella* sp. ในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่เติมเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนท์สตาร์ชจาก 3.40-3.51 log cfu/ml ลดลงอย่างรวดเร็วจนไม่สามารถตรวจพบได้ภายในเวลา 24 ชั่วโมง ในขณะที่กลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอกอีสานต้องใช้เวลาถึง 36 ชั่วโมง จึงจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Salmonella* sp. ได้อย่างสมบูรณ์ (ภาพที่ 10ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบในแบบจำลองไส้กรอกอีสานส่งเสริมให้เชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มีสามารถยับยั้งการเจริญแบคทีเรียก่อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4.2 ผลของการเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานต่อการยอมรับของผู้บริโภค

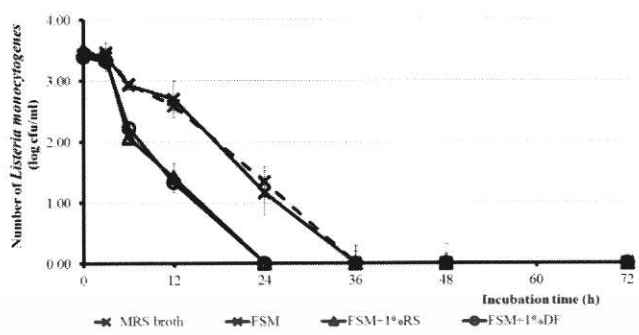
จากการศึกษาผลของการเสริมใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินในไส้กรอกอีสานต่อการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าปริมาณแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาการบ่ม 2 วัน โดยเฉพาะไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ทำการบ่มแบบบรรจุภัณฑ์สุญญากาศมีปริมาณแบคทีเรียแลกติกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาการบ่ม 1 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ($P \leq 0.05$) หลังจากนั้นแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ทำการบ่มแบบบรรจุภัณฑ์สุญญากาศมีปริมาณลดลงเล็กน้อย โดยมีปริมาณแบคทีเรียแลกติกรอดชีวิตในไส้กรอกอีสานมากกว่ากลุ่มอื่น ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 11) ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในไส้กรอกอีสาน โดยทุกกลุ่มมีค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาการบ่ม 3 วัน โดยไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ทำการบ่มแบบบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ มีค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็วและ เมื่อสิ้นสุดการบ่มมีค่า pH ต่ำที่สุด ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 12)

แสดงให้เห็นว่าการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบในไส้กรอกอีสานช่วยส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียแลกติกและช่วยป้องกันเซลล์แบคทีเรียแลกติกให้รอดชีวิตได้ในไส้กรอกอีสานจากสภาวะที่เป็นกรดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีค่า pH เท่ากับ 4.32-4.39 ที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียแลกติก

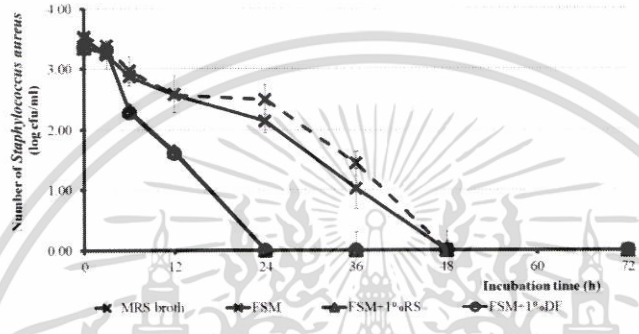
นอกจากนี้ยังพบว่าไส้กรอกอีสานทุกกลุ่มมีค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการบ่มที่นานขึ้น ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 13) ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมการเจริญของแบคทีเรียแลกติกเกิดกระบวนการเมตาบอลิซมกลูโคสผลิตกรดแลกติกและกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ ทำให้ค่า pH ของไส้กรอกลดลงอย่างรวดรวด ส่งผลให้โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมสภาพจนไม่สามารถจับน้ำได้จึงมีน้ำไหลออกมาภายนอกผลิตภัณฑ์เกิดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่ม แต่อย่างไรก็ตาม ไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม ($P \leq 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ทำการบ่มแบบบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มน้อยที่สุด ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาข้างต้นพบว่าใยอาหารและรีซิสแตนท์สตาร์ชมีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งใยอาหารมีความสามารถอุ้มน้ำถึง 13.54±0.24 g water/g sample ทำให้ไส้กรอกมีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มน้อยกว่าไส้กรอกอีสานที่ไม่เสริมใยอาหารและรีซิสแตนท์สตาร์ช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

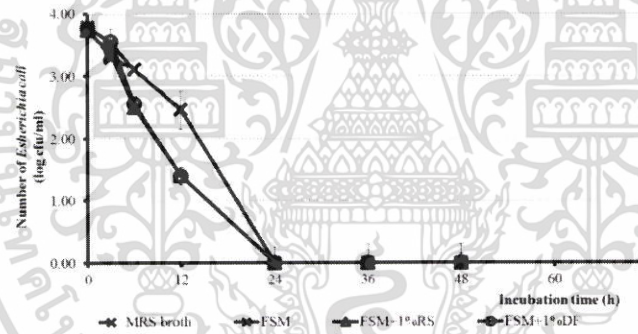
ก)



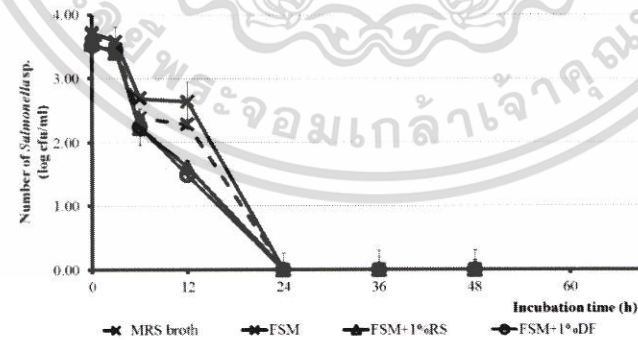
ข)



ค)



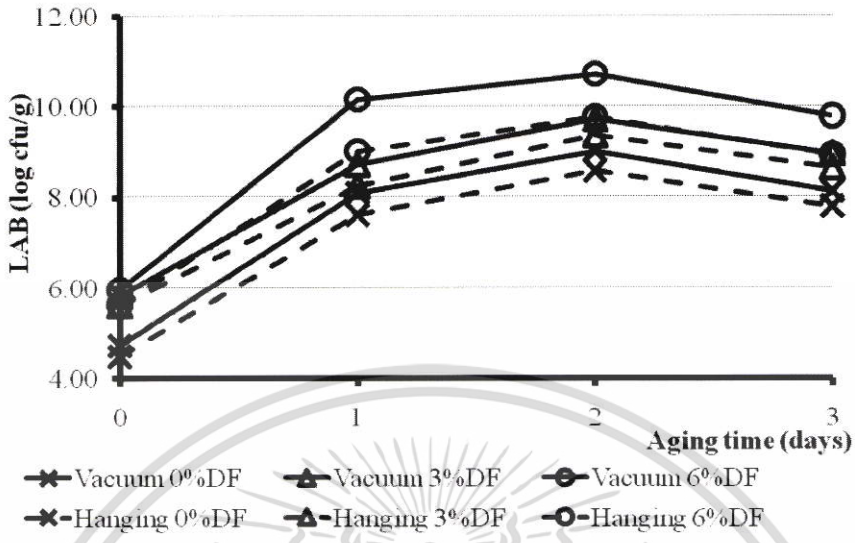
ง)



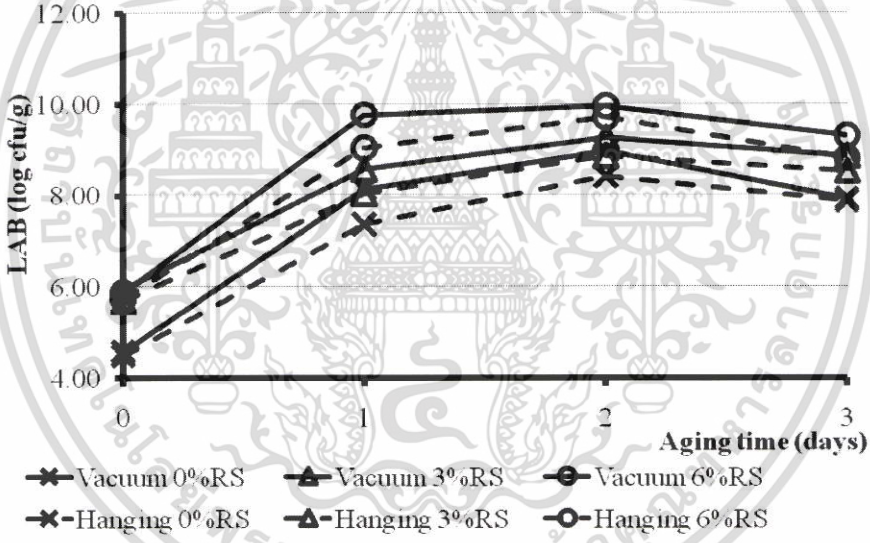
ภาพที่ 10 การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Listeria monocytogen* (ก) *Staphylococcus aureus* (ข) *Esherichia coli* (ค) และ *Samonella* sp. (ง) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth และแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่ไม่เสริมและเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 72 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

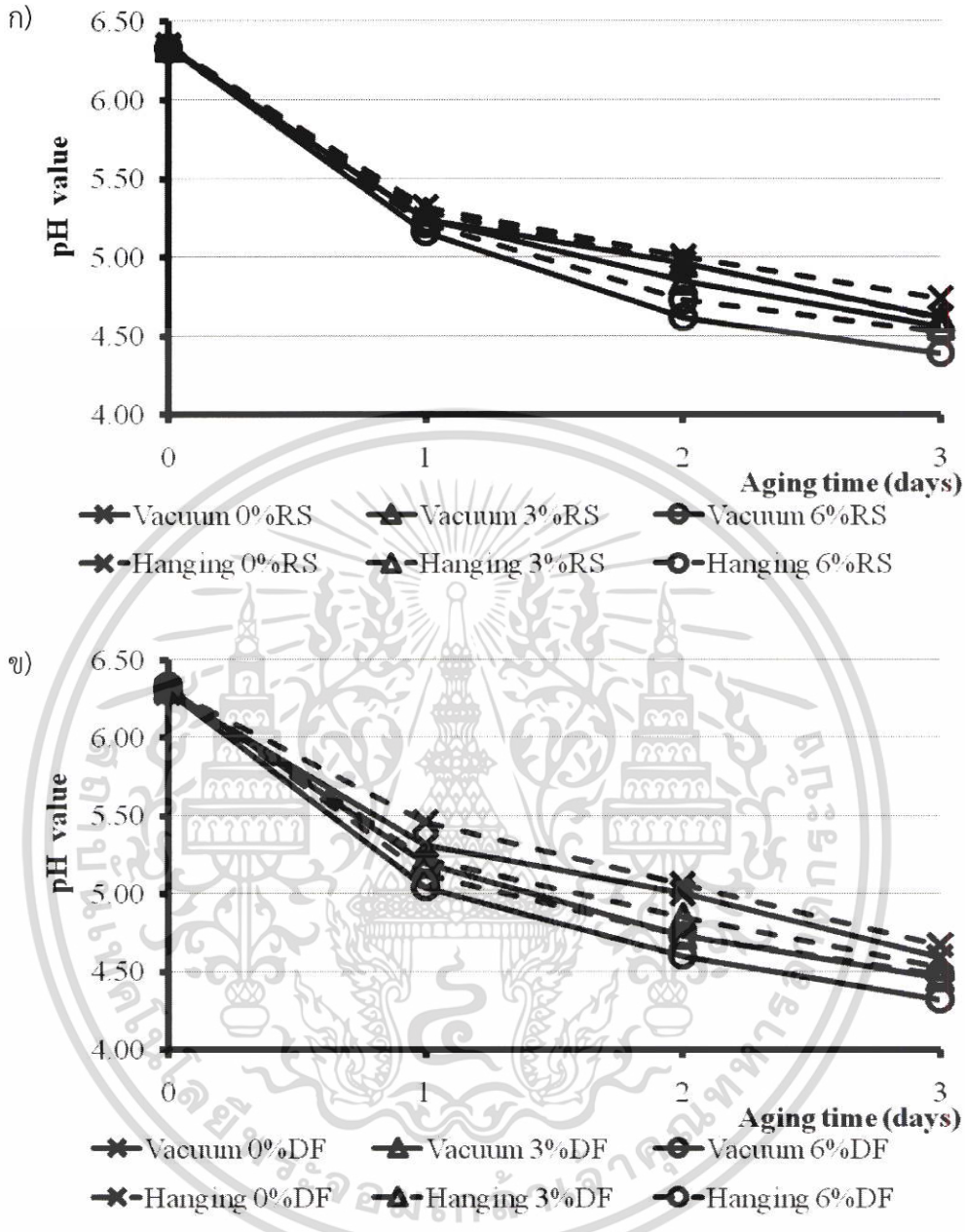


ข)



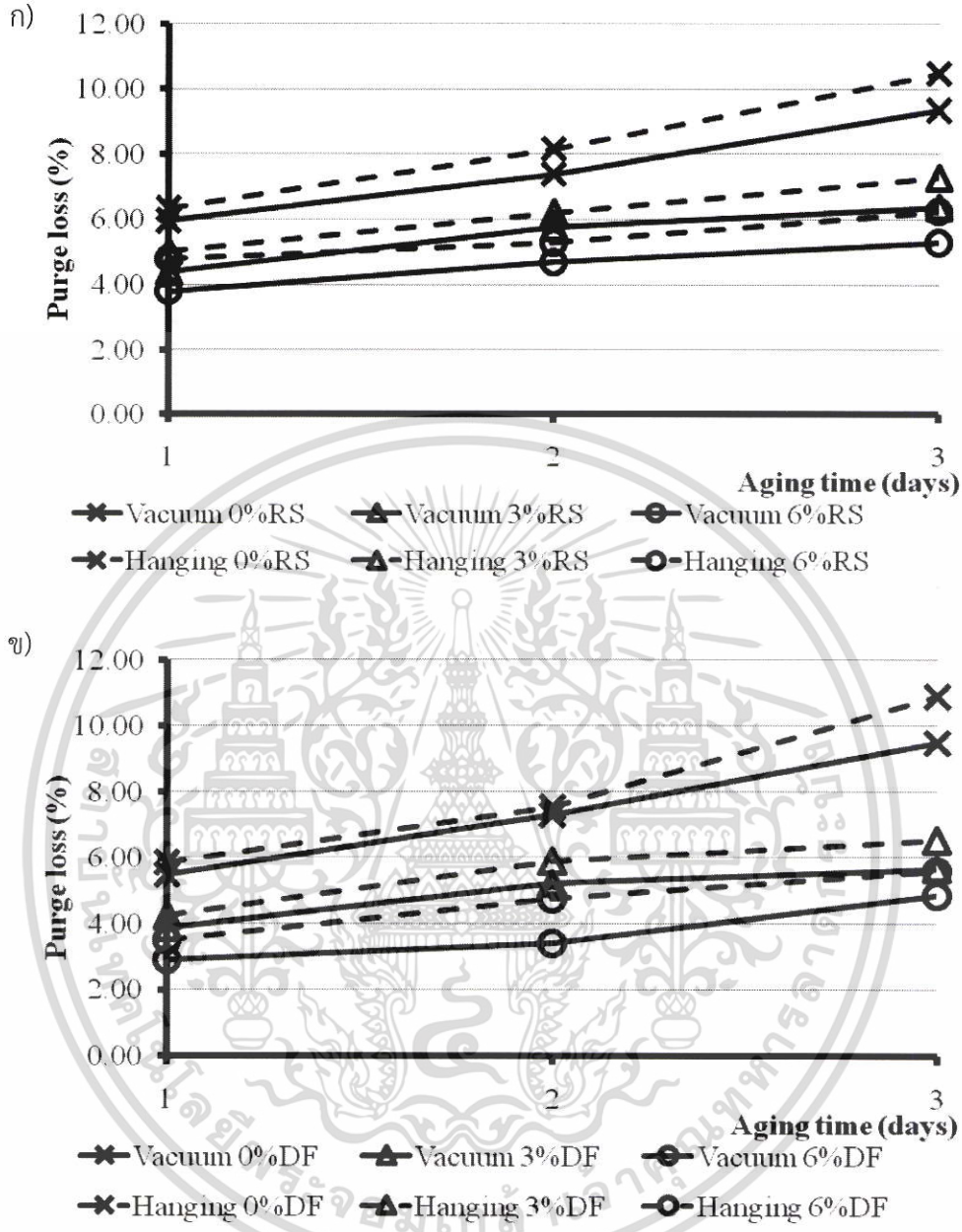
ภาพที่ 11 การเจริญของแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหาร (ก) และรีซิสแทนต์สตาร์ช (ข) จากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 12 ค่า pH ของไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหาร (ก) และรีซิสแทนต์สตาร์ช (ข) จากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 13 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มของไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหาร (ก) และรีซิสแทนต์สตาร์ช (ข) จากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน

สำหรับการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ พบว่า ไส้กรอกอีสานเสริมใยอาหารถึงแม้ว่าจะมีคะแนนด้านสีอยู่ในช่วงยอมรับของผู้บริโภคก็ตาม แต่มีคะแนนน้อยกว่าไส้กรอกอีสานที่ไม่เสริมใยอาหาร ($P \leq 0.05$) อาจเนื่องมาจากการเสริมใยอาหารทำให้ไส้กรอกอีสานมีสีเข้มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ไส้กรอกอีสานที่เสริมใยอาหารมีคะแนนด้านกลิ่นรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเนื้อสัมผัสมากกว่าไส้กรอกอีสานที่ไม่เสริมใยอาหาร (P ≤ 0.05) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบโดยรวมที่พบว่า ไส้กรอกอีสานทุกกลุ่มได้รับการยอมรับของผู้บริโภคด้านความชอบโดยรวม แต่กลุ่มที่มีเสริมใยอาหารความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบโดยรวมแนวโน้มมากกว่ากลุ่มอื่น (P ≤ 0.07) (ตารางที่ 12)

ในขณะที่ไส้กรอกอีสานที่เสริมรีซิสแตนท์สตาร์ชมีคะแนนด้านสีแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับไส้กรอกอีสานที่ไม่เสริมรีซิสแตนท์สตาร์ช (P > 0.05) และการเสริมรีซิสแตนท์สตาร์ชยังช่วยทำให้ไส้กรอกอีสานมีคะแนนด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการเสริมรีซิสแตนท์สตาร์ชความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ สำหรับความชอบโดยรวม ทุกกลุ่มมีคะแนนด้านความชอบโดยรวมแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) แต่กลุ่มที่มีเสริมรีซิสแตนท์สตาร์ชความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบโดยรวมแนวโน้มมากกว่ากลุ่มไม่เสริมรีซิสแตนท์สตาร์ช (P ≤ 0.07) (ตารางที่ 13)

จากการศึกษาข้างต้นจึงแสดงให้เห็นว่าควรเลือกไส้กรอกอีสานที่เสริมใยอาหารความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และรีซิสแตนท์สตาร์ชความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* นำไปทำการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 12 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภค[1] ต่อไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน

วิธีการบ่ม	สูตรไส้กรอกอีสาน	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
บรรจุภัณฑ์	0%ใยอาหาร	6.43±0.21^{A}	4.68±0.17^{A}	4.79±0.22^{A}	5.18±0.11
สุญญากาศ	3%ใยอาหาร	5.01±0.16^{B}	5.17±0.27^{AB}	5.63±0.15^{B}	5.76±0.21
	6%ใยอาหาร	4.87±0.25^{B}	5.28±0.19^{AB}	5.98±0.24^{B}	5.29±0.28
แขวงที่	0%ใยอาหาร	6.39±0.19^{A}	5.46±0.23^{B}	4.67±0.31^{A}	5.32±0.35
อุณหภูมิห้อง	3%ใยอาหาร	5.12±0.24^{B}	6.21±0.15^{BC}	5.82±0.19^{B}	5.96±0.17
	6%ใยอาหาร	4.73±0.11^{B}	6.35±0.23^{C}	6.01±0.27^{B}	5.18±0.19

[1] $^{A-C}$ ตัวอักษรต่างกันในแถวคอลัมน์เดียวกันมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 13 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภค[1] ต่อไส้กรอกอีสานที่มีการเติมรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน

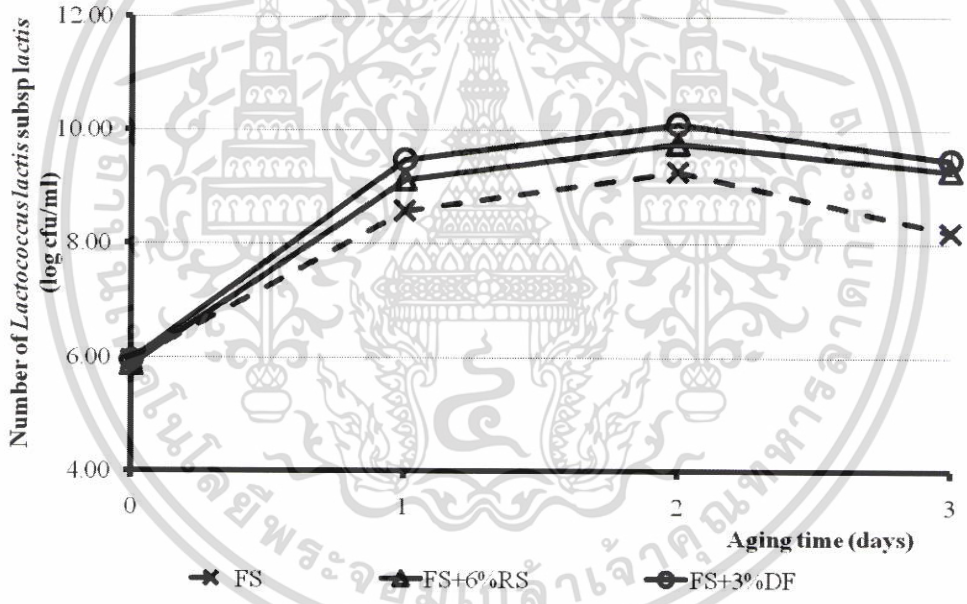
วิธีการบ่ม	สูตรไส้กรอกอีสาน	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
บรรจุภัณฑ์	0%รีซิสแตนท์สตาร์ช	6.32±0.13	4.83±0.13^{A}	4.63±0.18^{A}	5.37±0.19
สุญญากาศ	3%รีซิสแตนท์สตาร์ช	6.44±0.10	5.33±0.16^{AB}	5.74±0.23^{B}	5.94±0.20
	6%รีซิสแตนท์สตาร์ช	6.48±0.21	5.47±0.23^{B}	6.17±0.19^{B}	6.26±0.15
แขวงที่	0%รีซิสแตนท์สตาร์ช	6.26±0.25	5.63±0.20^{B}	4.78±0.15^{A}	5.43±0.27
อุณหภูมิห้อง	3%รีซิสแตนท์สตาร์ช	6.42±0.20	6.03±0.11^{BC}	5.94±0.13^{B}	6.19±0.12
	6%รีซิสแตนท์สตาร์ช	6.37±0.31	6.27±0.19^{C}	6.19±0.24^{B}	6.27±0.20

[1] $^{A-C}$ ตัวอักษรต่างกันในแถวคอลัมน์เดียวกันมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤ 0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

จากการศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารในไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ พบว่าปริมาณแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาการบ่ม 2 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P \leq 0.05$) หลังจากนั้นแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชมีปริมาณลดลงเล็กน้อย โดยมีปริมาณแบคทีเรียแลกติกรอดชีวิตในไส้กรอกอีสานมากกว่ากลุ่มควบคุม ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 14) เนื่องจากการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบในไส้กรอกอีสานช่วยส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียแลกติกและช่วยป้องกันเซลล์แบคทีเรียแลกติกให้รอดชีวิตได้ในไส้กรอกอีสานจากสภาวะที่เป็นกรดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีค่า pH เท่ากับ 4.32-4.39 ที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียแลกติก ดังได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น



ภาพที่ 14 การเจริญของแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน

ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเจริญแบคทีเรียก่อโรคในไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ ที่พบว่า ปริมาณของเชื้อ *Listeria monocytogenes* และ *Staphylococcus aureus* ในไส้กรอกอีสานที่เสริมเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ร่วมกับใยอาหารและรีซิสแตนท์สตาร์ชจาก 3.39-3.49 และ 3.35-3.54 log cfu/ml ตามลำดับ ลดลงอย่างรวดเร็วจนไม่สามารถตรวจพบได้ภายในเวลา 2 วันหลังการบ่ม ในขณะที่กลุ่มควบคุมใช้เวลาถึง 3 วันหลังการบ่ม จึงจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. monocytogenes* และ *S.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

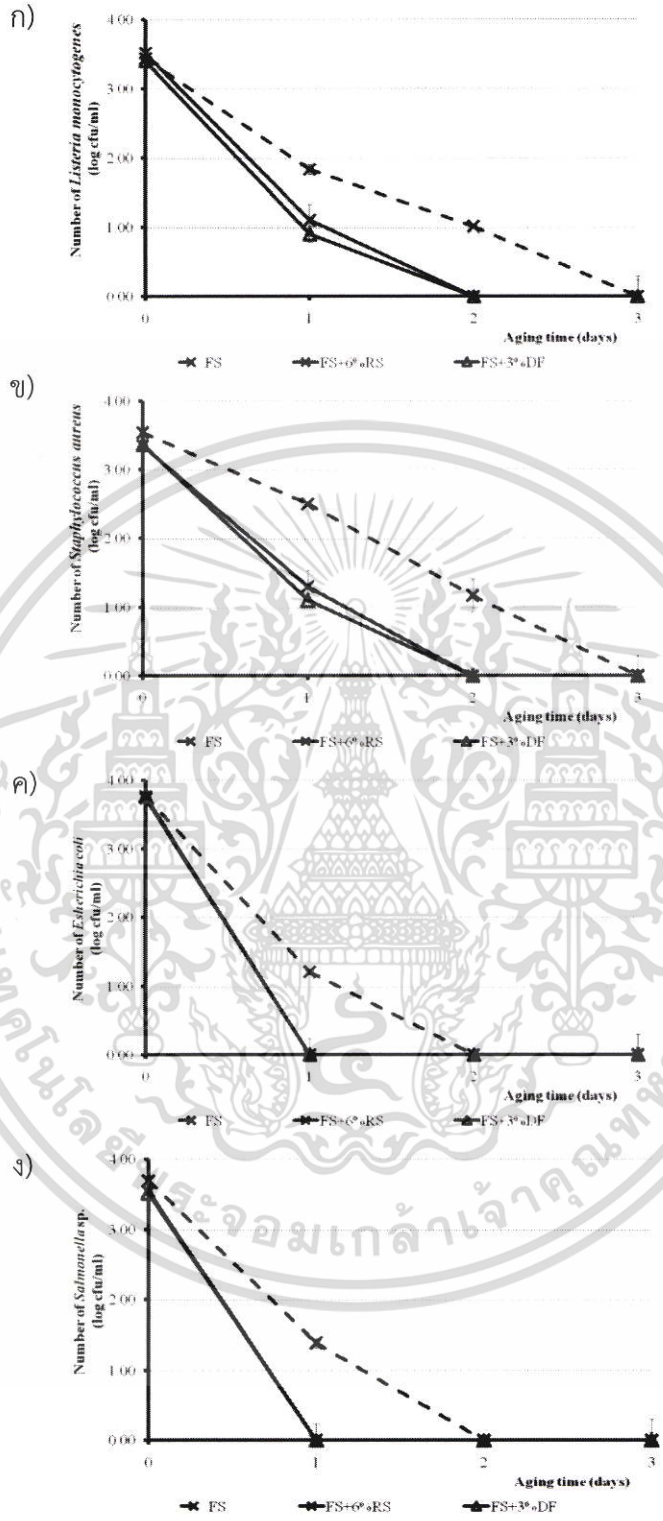
aureus ได้อย่างสมบูรณ์ (ภาพที่ 15ก และ 15ข) เช่นเดียวกับปริมาณของเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. ในไส้กรอกอีสานที่เสริมเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ร่วมกับใยอาหารและรีซิสแตนท์สตาร์ชจาก 3.65-3.78 และ 3.51-3.69 log cfu/ml ตามลำดับ ลดลงอย่างรวดเร็วจนไม่สามารถตรวจพบได้ภายในเวลาเพียง 1 วันหลังการบ่ม ในขณะที่กลุ่มควบคุมต้องใช้เวลาถึง 3 วันหลังการบ่ม จึงจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* sp. ได้อย่างสมบูรณ์ (ภาพที่ 15ค และ 15ง)

4.4 ศึกษาการอายุการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ

จากการศึกษาศึกษาการอายุการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบ พบว่าไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และรีซิสแทนต์สตาร์ชความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มีปริมาณแบคทีเรียแลกติกลดลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 12 สัปดาห์ โดยมีปริมาณแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษา 8.96-9.18 log cfu/g จากนั้นภายหลังการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ มีปริมาณแบคทีเรียแลกติกลดลง ซึ่งมีปริมาณเหลือถึง 8.04-8.18 log cfu/g ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีปริมาณแบคทีเรียแลกติกลดลงอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาการรักษา 12 สัปดาห์ โดยมีปริมาณแบคทีเรียก่อนการเก็บรักษา 7.79 log cfu/g จากนั้นภายหลังการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ มีปริมาณแบคทีเรียแลกติกลดลงมาก จนมีปริมาณเหลือเพียง 6.45 log cfu/g ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 16) เนื่องจากการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบในไส้กรอกอีสานช่วยป้องกันเซลล์แบคทีเรียแลกติกให้รอดชีวิตได้ในไส้กรอกอีสานจากสภาวะที่เป็นกรดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีค่า pH ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ (ภาพที่ 17) เนื่องจากกิจกรรมการหมักของแบคทีเรียแลกติกอย่างช้าๆ ถึงแม้จะทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก็ตาม ทำให้ยังคงมีการผลิตกรดแลกติก ส่งผลให้ค่า pH ลดลงจนเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษามีค่า pH อยู่ในช่วง 3.6-4.1 ซึ่งที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียแลกติก ทำให้แบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่ไม่เสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินร่วมกับใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบมีปริมาณแบคทีเรียแลกติกลดลงตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ดังได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น นอกจากนี้ยังพบว่าทุกกลุ่มตรวจไม่พบยีสต์และรา เชื้อ *L. monocytogenes Staph. aureus Salmonella* และ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

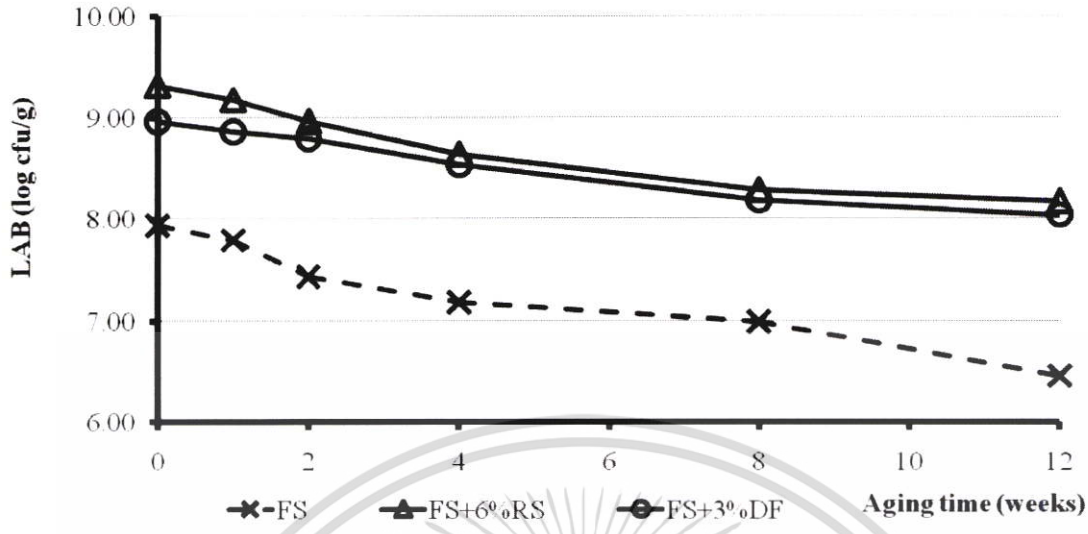
ทั้งนี้สอดคล้องกับค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างเก็บรักษาของไส้กรอกอีสาน ที่พบว่าไส้กรอกอีสานทุกกลุ่มมีค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 18) ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมการเจริญของแบคทีเรียแลกติกเกิดกระบวนการเมตาบอลิซมกลูโคสผลิตกรดแลกติกและกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ ทำให้ค่า pH ของไส้กรอกลดลงอย่างรวดรวด ส่งผลให้โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมสภาพจนไม่สามารถจับน้ำได้ จึงมีน้ำไหลออกมาภายนอกผลิตภัณฑ์เกิดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตาม ไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาข้างต้นพบว่าใยอาหารและรีซิสแทนท์สตาร์ชมีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งใยอาหารมีความสามารถอุ้มน้ำถึง 13.54±0.24 g water/g sample ทำให้ไส้กรอกมีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาน้อยกว่าไส้กรอกอีสานที่ไม่เสริมใยอาหารและรีซิสแทนท์สตาร์ช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

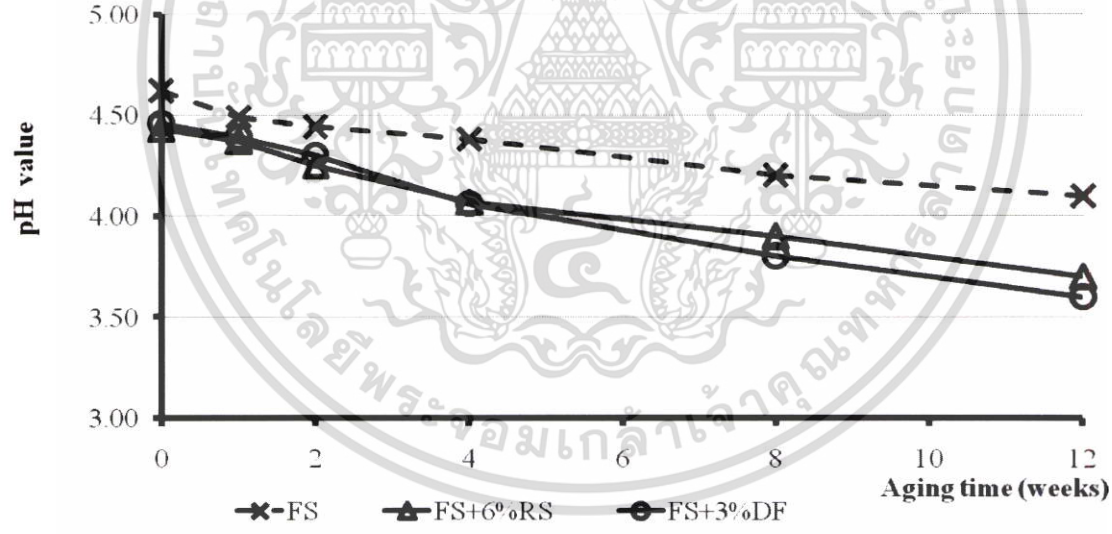


ภาพที่ 15 การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Listeria monocytogen* (ก) *Staphylococcus aureus* (ข) *Esherichia coli* (ค) และ *Samonella* sp. (ง) ในไส้กรอกอีสานที่ไม่เสริมและเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะเวลาบ่มนาน 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

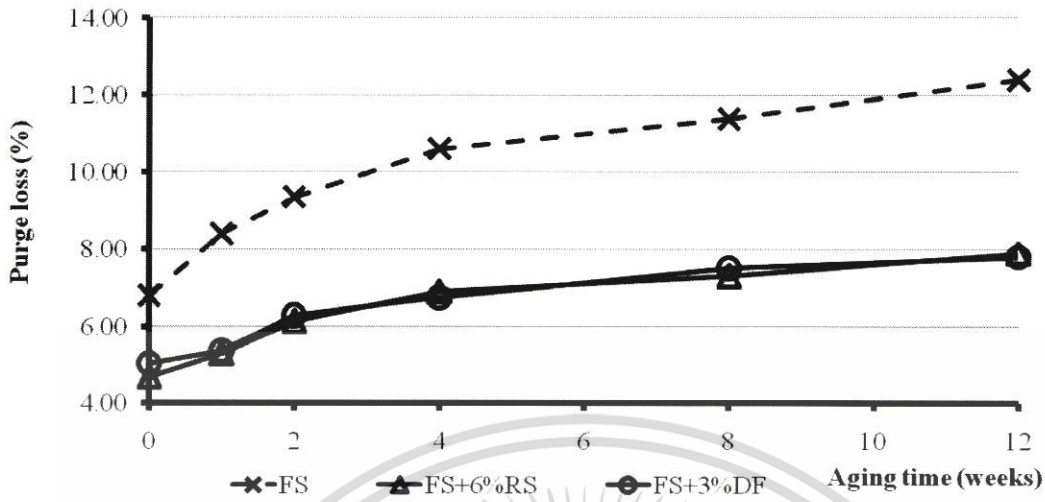


ภาพที่ 16 การรอดชีวิตของแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะการเก็บรักษา 12 สัปดาห์



ภาพที่ 17 ค่า pH ของไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะการเก็บรักษา 12 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

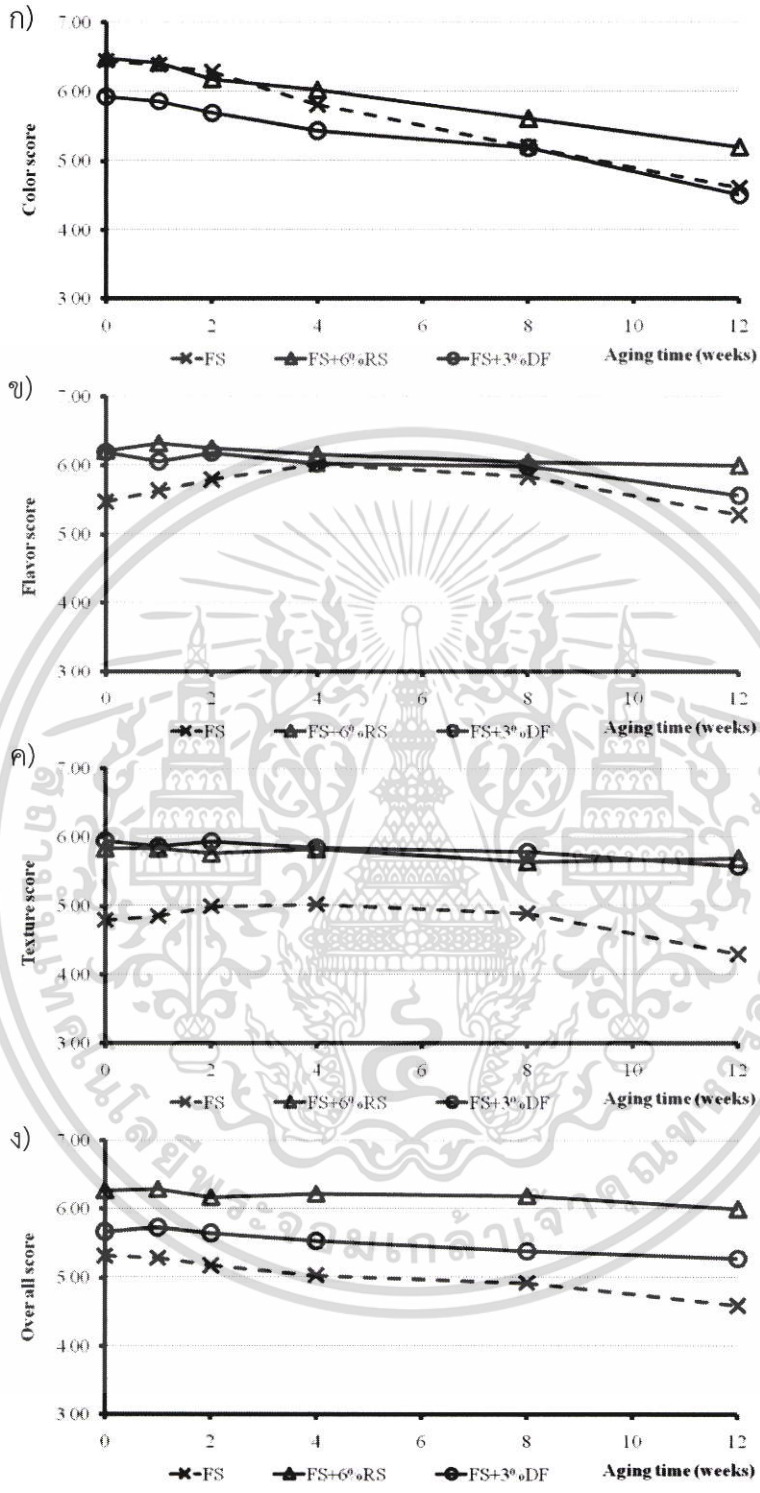


ภาพที่ 18 ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาของไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะการเก็บรักษา 12 สัปดาห์

สำหรับการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกร่วมกับใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบในระหว่างการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ พบว่า ทุกกลุ่มมีคะแนนการยอมรับด้านสีลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ($P \leq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าไส้กรอกอีสานเสริมรีซิสแทนท์สตาร์ชความเข้มข้น 6 เปอร์เซนต์ มีคะแนนด้านสีมากที่สุด ($P \leq 0.05$) และอยู่ในช่วงยอมรับของผู้บริโภคได้ ในขณะที่กลุ่มควบคุมและที่เสริมใยอาหารมีคะแนนด้านสีอยู่ในระดับที่ไม่ยอมรับ (ภาพที่ 19ก) อาจเนื่องมาจากการเสริมรีซิสแทนท์สตาร์ชทำให้ไส้กรอกอีสานมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากลุ่มควบคุม และมีน้ำไหลเยิ้มออกจากผลิตภัณฑ์น้อยกว่า ส่วนการเสริมใยอาหารถึงแม้ว่าจะช่วยให้ไส้กรอกอีสานมีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาน้อย แต่การเสริมใยอาหารทำให้ไส้กรอกอีสานมีสีเข้มขึ้นทำให้ไม่เป็นยอมรับของผู้ประเมิน แต่อย่างไรก็ตาม ไส้กรอกอีสานที่เสริมรีซิสแตนท์สตาร์ชและใยอาหารมีคะแนนด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสมากกว่าไส้กรอกอีสานที่ไม่เสริมรีซิสแตนท์สตาร์ชและใยอาหาร ($P \leq 0.05$) ในขณะที่คะแนนความชอบโดยรวมที่พบว่า ไส้กรอกอีสานทุกกลุ่มได้รับการยอมรับของผู้บริโภคด้านความชอบโดยรวมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ แต่ไส้กรอกอีสานที่เสริมรีซิสแตนท์สตาร์ชความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 19ข 19ค และ 19ง)

ทั้งนี้จากการศึกษาข้างต้นจึงแสดงให้เห็นว่าไส้กรอกอีสานทุกกลุ่มมีคุณภาพด้านจุลินทรีย์ผ่านมาตรฐานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่การเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพเป็นตัวแปรกำหนดอายุการเก็บรักษา โดยไส้กรอกอีสานเสริมรีซิสแตนท์สตาร์ช ใยอาหาร และกลุ่มควบคุมมีอายุการเก็บรักษา 3 2 และ 1 เดือน ตามลำดับ ดังนั้นจึงควรเลือกไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกร่วมกับรีซิสแตน์สตาร์ชความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ นำไปทำการศึกษาเชิงระดับอุตสาหกรรมและในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักอื่นต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 20 คะแนนการยอมรับด้านสี (ก) กลิ่นรส (ข) เนื้อสัมผัส (ค) และความชอบโดยรวม (ง) ของผู้บริโภคของไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่ระยะการเก็บรักษา 12 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 กล้วยไข่และกล้วยน้ำว้า มีเปลือกเป็นแหล่งเยื่อใยและเนื้อกล้วยเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต โดยกล้วยน้ำว้าดิบมีองค์ประกอบทางเคมีมีความเหมาะสมในการนำไปสกัดใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชมากกว่ากล้วยไข่ดิบ

5.1.2 ใยอาหาร และรีซิสแทนต์สตาร์ชมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด โดยใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้มากกว่ารีซิสแทนต์สตาร์ชจากเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่รีซิสแทนต์สตาร์ชจากกล้วยน้ำว้าดิบมีปริมาณสตาร์ชทั้งหมด รีซิสแทนต์สตาร์ช และนอน-รีซิสแทนต์สตาร์ชมากกว่าใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ

5.1.3 ใยอาหารมีความสามารถในการอุ้มน้ำและการอุ้มน้ำมันได้ดีกว่ารีซิสแทนท์สตาร์ช ($P \leq 0.05$) สำหรับค่าสีของรีซิสแทนต์สตาร์ชจะมีค่า L^* มากกว่าใยอาหาร ($P \leq 0.05$) แต่มีค่าสี a^*และ b^* ของใยอาหารและรีซิสแทนท์สตาร์ชมีความแตกต่างกันอย่างไม่นัยสำคัญทางสถิติ

5.1.4 เชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่เติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบสามารถเจริญได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอกอีสานและแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีการเติมรีซิสแทนต์สตาร์ชและใยอาหารจะส่งเสริมให้อัตราการเจริญของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มากกว่ากลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอกที่ไม่เติมพรีไบโอติก ($P \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับระยะเวลาหนึ่งชั่วอายุของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่มีค่าผกผันกับอัตราการเจริญสูงสุด โดยเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ที่บ่มในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่มีการเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชมีระยะเวลาหนึ่งชั่วอายุน้อยที่สุด ($P \leq 0.05$) รองลงมาคือ กลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอกอีสาน

5.1.5 เชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* สามารถเจริญอย่างรวดเร็วในแบบจำลองไส้กรอกอีสานที่เติมใยอาหารและรีซิสแทนท์สตาร์ชในช่วงระยะเวลาการบ่ม 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นแบคทีเรียแลกติกมีปริมาณลดลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาบ่ม 72 ชั่วโมง ในขณะที่กลุ่มควบคุมและแบบจำลองไส้กรอกอีสานมีการเจริญของเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* ค่อนข้างช้าในช่วงระยะเวลาการบ่ม 36 ชั่วโมง หลังนั้นแบคทีเรียแลกติกมีปริมาณลดลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาบ่ม 72 ชั่วโมง

5.1.6 การเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบในแบบจำลองไส้กรอกอีสานส่งเสริมให้เชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มีสามารถยับยั้งการเจริญแบคทีเรียก่อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.1.7 การเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบในไส้กรอกอีสานช่วยส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียแลกติกและช่วยป้องกันเซลล์แบคทีเรียแลกติกให้รอดชีวิตได้ในไส้กรอกอีสานจากสภาวะที่เป็นกรดของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มของไส้กรอกอีสาน โดยไส้กรอกอีสานทีเสริมใยอาหารความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และรีซิสแทนท์สตาร์ชความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.8 ปริมาณแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบร่วมกับเชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาการบ่ม 2 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P \leq 0.05$) หลังจากนั้นแบคทีเรียแลกติกในไส้กรอกอีสานที่มีการเสริมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชมีปริมาณลดลงเล็กน้อย โดยมีปริมาณแบคทีเรียแลกติกรอดชีวิตในไส้กรอกอีสานมากกว่ากลุ่มควบคุม ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้การเติมใยอาหารและรีซิสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบในไส้กรอกอีสานส่งเสริมให้เชื้อ *L. lactis* subsp. *lactic* มีสามารถยับยั้งการเจริญแบคทีเรียก่อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.1.9 ไส้กรอกอีสานทุกกลุ่มมีคุณภาพด้านจุลินทรีย์ผ่านมาตรฐานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่การเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพเป็นตัวแปรกำหนดอายุการเก็บรักษา โดยไส้กรอกอีสานเสริมรีซิสแตนท์สตาร์ชใยอาหาร และกลุ่มควบคุมมีอายุการเก็บรักษา 3 2 และ 1 เดือน ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรนำไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกร่วมกับรีซิสแตน์สตาร์ชจากเนื้อกล้วยน้ำว้าดิบความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ไปทำการศึกษาเชิงระดับอุตสาหกรรมและในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักอื่นต่อไปในอนาคต

5.2.2 ควรทำการศึกษาการเสริมโพรไบโอติกร่วมกับใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่ผลิตภัณฑ์มีลักษณะสีเข้มต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

คมแข พิลาสมบัติ. 2550. **จุลินทรีย์เนื้อสัตว์.** เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. (2545). **กล้วย.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา. (2544). การผลิตแป้งจากกล้วย. **รายงานผลการวิจัยภายใต้โครงการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ในสถาบันราชภัฏ (พวส.) พ.ศ. 2540-2544**. กรุงเทพมหานคร:สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ.

ผุสดี ตังวัชรินทร์. (2554). **ประสิทธิภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ สารละลายกรด lauric สาร monolaurinและกรด lactic ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Listeria monocytogenes* บนเนื้อสุกรสด**. รายงานฉบับสมบูรณ์งานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2553.

พชร แกล้วกล้า. (2552). ไส้กรอกอีสาน ความอร่อยที่ต้องระวัง. นิตยสารฉลาดซื้อ (ออนไลน์) ฉบับที่ 109. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2556 จาก http://www.chaladsue.com/index.php/%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%A2%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B9%84%E0%B8%A5%E0%B8%99%E0%B9%8C_%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A3-%E0%B8%AA%E0%B8%B8%E0%B8%82%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%9E.html?start=45

ไพลำภา นิ่มสังข์ มาศอุบล ทองงาม และ อรอนงค์ นัยวิกุล. (2550). องค์ประกอบทางเคมี สัณฐานวิทยา และสมบัติเชิงอุณหภูมิของแป้ง และสตาร์ชจากกล้วยดิบ. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร**, หน้า 672-680.

วิกิพีเดีย. (2554ข). กล้วยไข่. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2554จาก http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A2%E0%B9%84%E0%B8%82%E0%B9%88

วิรัตน์ สุมน และณัฐยาพร สุมน. 2552. ผลิตภัณฑ์พื้นบ้านจากเนื้อโคไทย. **คุณภาพเนื้อโคไทย**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อัมรินทร์ปริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด. หน้า 89.

สุญาณี พงษ์ธนานิกร. 2549. พรีไบโอติกและโพรไบโอติก : อาหารสุขภาพ. ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย. 6 หน้า.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2539. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ชัยเจริญ.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

โศรดา วัลภา กุลรภัส วชิรศิริ ดำรงชัย สิทธิสำอาง และฐิติชญา สุวรรณทัพ. (2552). ผลของกระบวนการเตรียมต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารจากเปลือกมะม่วงแก้ว. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 40: 141-144.

โศรดา วัลภา กุลรภัสวชิรศิริ ดำรงชัย สิทธิสำอางค์ และฐิติชญา สุวรรณทัพ. (2552). ผลของกระบวนการเตรียมต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารจากเปลือกมะม่วงแก้ว. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 40:141-144.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อดิศร เสวตวิวัฒน์. (2533). **ผลของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกต่อ *Salmonella* ในการหมักแหนม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาจุลชีววิทยาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อดิศร เสวตวิวัฒน์ และคมแข พิลาสมบัติ. (2555). **การนำเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกมาใช้ในการเป็นกล้าเชื้อสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเพื่อความปลอดภัยในอาหารและสุขภาพ**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 98 หน้า.

อดิศร เสวตวิวัฒน์ และ อรุณ บ่างตระกูลนนท์. (2539). ประสิทธิภาพของ Salmosyst กับอาหารเลี้ยงเชื้อ Rambach agar ต่อการตรวจหา *Salmonella* ในแหนม. หน้า272-279. ใน การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 34. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Agopian, R.G.D., Soares, C.A., Purgatto, E., Cordenunsi, B.R. and Lajolo, F.M. (2008). Identification of fructooligosaccharides in different banana cultivars. **Journal of Agriculture and Food Chemistry.** 56: 3305-3310.

Alwazeer, D., Cachon, R. & Divies, C. (2002).Behavior of *Lactobacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae* in fresh and thermally processed orange juice. **Journal of Food protection**. 65: 1586–1589.

Anhwange, B. A. (2008). Chemical composition of *Musa sapientum* (Banana) peels. **Journal of Food Technology**. 6: 263-266.

Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Edition, (2000). Grami, B., ed. St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists.

Aregheore, E. M. (2005). Evaluation and utilization of Noni (Morindacitrifolia) juice extract waste in completediets of goats. Livestock Research for Rural Development. 17. Art. #39.Available http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/4/areg17039.htm. 29 September 2008.

Bacteriological Analytical Manual online. (2001a). Aerobic plate count.Available at http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm063346.htm#spiral. 12 July 2011.

Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online (2001c). *Staphylococcus aureus*. U.S. Food and Drug Administration. Available at: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/UCM071429. 30 July 2010.

Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online (2002). *Escherichia coli*. U.S. Food and Drug Administration. Available at: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/UCM064948. 30 Jul. 2010.

Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online. (2003). *Listeria monocytogenes*. U.S. Food and Drug Administration. Available at: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/laboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm071400.htm. 9 May. 2009.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online (2007). *Salmonella*. U.S. Food and Drug Administration. Available at: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/UCM070149. 30 Jul. 2010.

Beneduce, L., Spano, G., Vernile, A., Tarantino, D. & Massa, S. (2004). Molecular characterization of lactic acid populations associated with wine spoilage. **Journal of Basic Microbiology**. 44: 10–16.

Borcha, E., Kant-Muermansb, M.L. & Blixta, Y. (1997). Bacterial spoilage of meat and cured meat products. **International Journal of Food Microbiology**. 33: 103–120.

Caussiol, L. (2001). **Postharvest quality of conventionally and organically grown banana fruit**. Thesis of Master of Science by Research in Postharvest Technology, Institute of Agritechnolgy, Cranfield University at Silsoe.

Charteris, W.P., Kelly, P.M., Morelli, L.& Collins, J.K. (1998). Development and application o f in vitro methodology to determine the transit tolerance of potentially probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* species in the upper human gastrointestinal tract. **Journal of applied bacteriology**. 84: 759–768.

Chokesajjawatee, N., Pornaem, S., Zo, Y.-G., Kamdee, S., Luxananil, P., Wanasen, S. & Valyasevi, R. 2009. Incidence of *Staphylococcus aureus* and associated risk factors in Nham, a Thai fermented pork product. **Food Microbiology**. 26: 547–551.

Colak, H., Hampikyan, H., Ulusoy, B. & Bingol, E.B. 2007. Presence of *Listeria monocytogenesin* Turkish style fermented sausage (sucuk). **Food Control**. 18: 30-32.

Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO). (1972). Banana ripening guide. **Banana Research Advisory Committee**. Technical Bulletin 3.Banana Research Advisory Committee, Melbourne, Australia.

Cristie, W.W. (1993). Preparation of lipid extracts from tissues. In Advances in Lipid Methodology, W.W. Cristie, editor. Oily Press, Dundee, Scotland, pp. 195-213.

Criscio, T.D., Fratianni, A., Mirgnogna, R., Cinquanta, L., Coppola, R., Sorentino, E. & Panfili, G. (2010). Production of functional probiotic, prebiotic and symbiotic ice creams. **Journal of Dairy Science**. 93: 4555-4564.

Daramola, B. & Osanyinlusi, S.A. (2006). Production, characterization and application of banana (*Musa* spp.) flour in whole maize. **African Journal of Biotechnology**. 5: 992-995.

deVries, M.C., Vaughan, E.E., Kleerebezem, M. & de Vos, W.M. (2006). *Lactobacillus plantarum* survival, functional and potential probiotic properties in the human intestinal tract. **International Dairy Journal**. 16: 1018 – 1028.

DerAgopian, R.G., Soares, C.A., Purgatto, E., Cordenunsi, B.R. & Lajolo, F.M. (2008). Identification of fructooligosaccharides in different banana cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 56: 3305-3310.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dinis, T.C.P., Madeira, V.M.C. & Almeida, M.L.M. (1994). Action of phenolic derivates (acetoaminophen, salycilateand 5-aminosalycilate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxyl radical scavengers. **Archives of Biochemistry and Biophysics**. 315: 161-169.

Dubois, M.K., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**. 28: 350-356.

Englyst, H.N., Veenstra, J. & Hudson, G.J. (1996). Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods: a potential *in vitro* predicto of the glycaemic response. **British Journal of Nutrition**. 75: 327-337.

Essid, I. & Hassouna, M. (2013). Effect of inoculation of selected *Staphylococcus xylosus* and *Lactobacillus plantarum* strains on biochemical, microbiological and textural characteristics of a Tunisian dry fermented sausage. **Food Control**. 32: 707-714.

FAO/WHO. (2005). Codex Standard for Sweet Cassava.Codex Standard 238-2003. Food and Agriculture Organisation and World Health Organisation of the United Nations, Rome.

Femenia, A., Lefebvre, C., The baudin, Y., Robertson, J. & Bougeois, C. (1997). Physical and sensory propertiesof model food supplemented with cauliflower fiber. **Journal of Food Science.** 62: 635-639.

Figuerola, F., Hurtado, M.L., Estevez, A.M., Chiffelle, I. & Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. **Food Chemistry**. 9: 395-401.

Gilliland, S.E., Morelli, L. & Reid, G. (2001). Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live Lactic Acid Bacteria. **Paper presented at the Joint FAO/WHO expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live Lactic Acid Bacteria**. Córdoba, Argentina.

Griffiths, M.W. (2005). **Understanding Pathogen Behaviour**. Washington, DC.: CRC Press. 611 p.

Grigelmo-Miguel, N. & Martin-Belloso, O.M. (1999a). Characterization of dietary fiber from orange juice extraction. **Food Research International**. 31: 355-361.

Grigelmo-Miguel, N. & Martin-Belloso, O.M. (1999b). Comparison of dietary fibre from by-products of processing fruits and greens and from cereals. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**. 32: 503-508.

Guergoletto, K.B., Magnani, M., Martin, J.S., Andrade, C.G.T.J. & Garcia, S. (2010). Survival of *Lactobacillus casei* (LC-1) adhered to prebiotic vegetal fibers. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 11: 415-421.

Hagerman, A.E. & Butler, L.G. (1978). Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. **Journal Agricultural and Food Chemistry**. 26: 809–812.

Hall, M. B. 2003. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**. 81: 3226-3232.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Haller, D., Colbus, H., Ganzle, M.G., Scherenbacher, P., Bode, C. & Hammes, W.P. (2001). Metabolic and functional properties of lactic acid bacteria in the gastro-intestinal ecosystem: A comparative in vitro study between bacteria of intestinal and fermented food origin. **Systematic and Applied Microbiology**. 24: 218–226.

HappiEmaga, T., Andrianaivo, R.H., Wathelet, B., Tchango, J.T. & Paquot, M. (2007). Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. **Food Chemistry**. 103: 590-600.

HappiEmaga, T., Wathelet, B. & Paquot, M. (2008). Changementstexturauxetbiochimiques des fruits du bananier au cours de la maturation. Leur influence sur la préservation de la qualité du fruit et la maîtrise de la maturation. **Biotechnology Agronomy, Society and Environment**. 12: 89-98.

Judprasong, K.,Tanjor, S.,Puwastien, P. & Sungpuag, P. (2011). Investigation of Thai plants for potential sources of inulin-type fructans. **Journal of Food Composition and Analysis**. 24:642-649.

Kleerebezem, M., Boekhorst, J., van Kranenburg, R., Molenaar, D., Kuipers, O.P. & Leer, R.(2003). Complete genome sequence of *Lactobacillus plantarum* WCFS1. **Proceedings of the NationalAcademy of Sciences of the United States of America**. 100: 1990–1995.

Kim, K.H.,Tsao, R., Yang, R.& Cui, S.W. (2006). Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effects of hydrolysis conditions. **Food Chemistry**. 95: 466–473.

L'homme, C., Peschet, J.L., Puigserver, A. &Biagini, A. (2001).Evaluation of frutans in various fresh and stewed fruits by high-performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection. **Journal of Chromatography A**. 920: 291-297.

Langkilde, A.M., Champ, M. & Andersson, H. (2002). Effects of high-resistant-starch banana flour (RS_2) on in vitrofermentation and the small-bowel excretion of energy, nutrients and sterols: an ileostomy study. **American Journal of Clinical Nutrirtion**.75:104–111.

Larrauri, J. A. (1999). New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. **Trends in Food Science and Technology**. 10: 3-8.

Larrauri, J.A., Ruperez, P., Borroto, B. & Saura-Calixto, F. (1996). Mango peels as a new tropical fibre: preparation and characterization. **Lebeensmittel-Wissenschaft und Technologie**. 29: 729-733.

Livingston, D.P. (1990). Fructan precipitation from a water/ethanol extract of oats and barley. **Plant Physiology**. 92: 767-769.

Madhav, A. & Pushpalatha, P.B. (2002). Characterization of pectin extracted from different fruit wastes. **Journal of Tropical Agriculture**. 40: 53-55.

Marin, F. R., Soler-Rivas, C., Benavente-Garcia, O., Castillo,J. & Perez-Alvarez, J. A. (2007). By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. **Food Chemistry**. 100: 736-741.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Miller, G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**. 31: 426–428.

Molenaar, D., Bringel, F., Schuren, F. H., de Vos, W.M., Siezen, R.J. & Kleerebezem, M. (2005). Exploring *Lactobacillus plantarum* genome diversity by using microarrays. **Journal of Bacteriology**. 187: 6119–6127.

Nissen, H., Maugesten, T. & Lea, P. (2001). Survival and growth of *Escherichia coli* O157:H7, *Yersinia enterocolitica* and *Salmonella* Enteritidis on decontaminated and untreated meat. **Meat Science**. 57: 291-298.

Olano-Martin, E., Mountzouris, K.C., Gibson, G.R. & Rastall, R.A. (2000). *In vitro* fermentability of dextran, oligodextran and maltodextrin by human gut bacteria. **British Journal of Nutrition**. 83: 247-255.

Oliveira, C.E.V., Stamford, T.L.M., Gomes Neto, N.J. & De Souza, E.L. (2010). Inhibition of *Staphylococcus aureus* in broth and meat broth using synergies of phenolics and organic acids. **International Journal of Food Microbiology**. 137: 312-316.

Ouwehand, A.C., Derrien, M., d e Vos, W., Tiihonen, K. & Rautonen, N. (2005). Prebiotics and other microbial substrates for gut functionality. **Current Opinions in Biotechnology**. 16: 212–217.

Roberfroid, M.B. (2005). Introducing inulin-type fructans. **British Journal of Nutrition**. 93: S13–S25.

Rodriguez, R., Jimenez, A., Fernandez-Bolanos, J., Guillen,R. & Heredia, A. (2006). Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends in Food Science and Technology**. 17: 3-15.

Ross, P. R., Morgan, S. & Hill, C. (2002). Preservation and fermentation: Past, present and future. **International Journal of Food Microbiology**. 79: 3–16.

Rycroft, C.E., Jones, M.R., Gibson, G.R. & Rastall, R.A. (2001). A comparative in vitro evaluation of the fermentation properties of prebiotic oligosaccharides. **Journal of Applied Microbiology**. 91: 878-887.

Salminen, M.K., Tynkkynen, S., Rautelin, H., Saxelin, M., Vaara, M. & Ruutu, P. (2002). *Lactobacillus* bacteremia during a rapid increase in probiotic use of *Lactobacillus rhamnosus* GG in Finland. **Clinical Infectious Diseases**. 35: 1155–1160.

SAS software. (1998). Statistical Analysis Systems Institute Inc., USA.

Sharavathy, M.K., Urooj, A. & Puttaraj, S. (2001). Nutritionally important starch fractions in cereal based Indian food preparations. **Food Chemistry**. 75: 241-247.

Sharp, R., O'Donnell, A.G., Gilbert, H.G., & Hazlewood, G.P. (1992). Growth and survival of genetically manipulated *Lactobacillus plantarum* in silage. **Applied and Environmental Microbiology**. 58: 2517-2522.

Stiles, M.E. & Holzapfel, W.H. (1997). Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy. **International Journal of Food Microbiology**. 36: 1–29.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Swetwiwathana, A., Zendo, T., Nakayama, J. &Sonomoto, K. (2007). Screening of bacteriocin-producing lactic acid bacteria associated with Thai fermented meat-rice sausage. **Proceeding of 53rd International Congress of Meat Science and Technology**.pp.59-60.

Tangwatcharin, P., Chanthachum, S., Khopaibool, P. & Griffiths, M.W. (2006). Morphological and physiological responses of *Campylobacter jejuni* to stress. **Journal of Food Protection**. 69: 2747-2753.

Tannock, G.W. (2004). A special fondness for Lactobacilli. **Applied and Environmental Microbiology**. 70: 3189–3194.

Tuomola, E., Crittenden, R., Playne, M., Isolauri, E. & Salminen, S. (2001). Quality assurance criteria for probiotic bacteria. **American Journal for Clinical Nutrition**. 73: 393S–398S.

Wachirasiri, P., Julakarangka, S. & Wanlapa, S. (2009). The effects of banana peel preparations on the properties of banana peel dietary fibre concentrate. **Songklanakarin Journal of Science Technology**. 31: 605-611.

Warriss, P.D. 2000. **Meat Science**. UK: CABI publishing. 310 p.

Winugroho, M. (1999). Nutritive values of major feed ingredient in Tropics. **Asian-Australian Journal of Animal Sciences**. 12: 493-502.

Wichienchot, S., Jatupornpipat, M. & Rastall, R.A. (2010). Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. **Food Chemistry**. 120: 850-857.

Wikipedia. (2011). Polyethylene glycol.Available at http://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene_glycol. 18 July 2011.

Vatanasuchart, N., Niyomwit, B. & Wongkrajang, K. (2009). Resistant starch contents and the *In vitro* starch digestibility of Thai starchy foods. **Kasetsart Journal (Natural Science)**. 43: 178-186

Vesa, T., Pochart, P. & Marteau, P. (2000). Pharmacokinetics of *Lactobacillus plantarum* NCIMB 8826, *Lactobacillus fermentum* KLD and *Lactococcuslactis* MG 1363 in the human gastrointestinal tract. **Alimentary Pharmacology & Therapeutics**. 14: 823–828.

Villegas, B., Tárrega, A., Carbonell, I. & Costell, E. (2010). Optimising acceptability of new prebiotic low-fat milk beverages. **Food Quality and Preference**. 21: 234-242.

Visessanguan, W., Benjakul, S., Smitinonta, T., Kittikuna, C., Thepkasikula, P. & Panya, A. (2006). Changes in microbiological, biochemical and physico-chemical properties of Nham inoculated with different inoculums levels of *Lactobacillus curvatus*. **LWT Food Science and Technology.** 39: 814-826.

Yamazaki, E., Murakami, K. & Kurita, O. (2005).Easy preparation of dietary fiber with the high water-holding capacity from food sources. **Plant Foods for HumanNutrition**. 60: 17-23.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yoshimoto, M., Yamakawa, O. & Tanoue, H. (2005). Potential chemopreventive properties and varietal difference of dietary fiber from sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) root. **Japan Agricultural Research Quarterly**. 39: 37-43.

Zhao, X.H. & Lin, Y. (2009). Resistant starch prepared from high-amylose maize starch with citric acid hydrolysis and its simulated fermentation in vitro. **European Food Research and Technology**. 228:1015-1021.

Zhu-ji, Z., Hong-ji, Z., Jin-jin, Y., Chao, L., Gui-yan, G. & Yi-wei, Z. (2009). Impurity removal from inulin extract of *Jerusalem artichoke* tubers by carbonation. **China National Knowledge Infrastructure Journal**. 30: 67-71.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้