รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การนำข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของชุมพรมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสานเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์

The Introduction of Upland Rice Varieties Used in the Production of E-San Sausage to Increase Value of Products

นางสาวปิยะดา ทวิชศรี

นางคมแข พิลาสมบัติ

นายจำรูญ เล้าสินวัฒนา

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การนำข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของชุมพรมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสานเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์

The Introduction of Upland Rice Varieties Used in the Production of E-San Sausage to Increase Value of Products

นางสาวปิยะดา ทวิชศรี

นางคมแข พิลาสมบัติ

นายจำรูญ เล้าสินวัฒนา

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การนำข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของชุมพรมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสานเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์

แหล่งเงิน เงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 **จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน** 373,000 **บาท**

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 **ปี ตั้งแต่** ตุลาคม 2559 **ถึง** กันยายน 2560

หัวหน้าโครงการ นางสาวปิยะดา ทวิชศรี **หน่วยงานต้นสังกัด** ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ผู้ร่วมโครงการวิจัย นางคมแข พิลาสมบัติ **หน่วยงานต้นสังกัด** ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง

ผู้ร่วมโครงการวิจัย นายจำรูญ เล้าสินวัฒนา **หน่วยงานต้นสังกัด** ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

บทคัดย่อ

การนำข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของชุมพรมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสานเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง โดยในการทดลองที่ 1 ทำการศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการและคุณสมบัติการให้ฤทธิ์ของการเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ของข้าวไร่ของจังหวัดชุมพร จำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องพันธุ์ภูเขาทอง เล็บนก เล็บมือนาง ดอกพะยอม ดอกขาม นางดำ สามเดือนแม่ผึ้ง กาดำต้นดำ กาดำต้นเขียว และข้าวขาวสามเดือน ผลการทดลองพบว่าข้าวไร่พันธุ์ที่มีความชื้น คาร์โบไฮเดรต พลังงาน โปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงสุด คือ ข้าวกล้องพันธุ์แม่ผึ้ง นางดำ เล็บนก กาดำต้นดำ สามเดือน และเล็บมือนาง ในการทดสอบคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวด้วยวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, DPPH radical scavenging activity, ABTS radical cation scavenging activity และ reducing power ผลพบว่าข้าวกล้องดอกขามมีปริมาณฟีนอลิกสูงที่สุด ในขณะที่ข้าวกล้องดอกข่า ข้าวกล้องนางดำ และข้าวกล้องสามเดือน มีค่าการต้านอนุมูลอิสระรองลงมาตามลำดับ การทดลองที่ 2 เพื่อศึกษาการใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า มาผลิตไส้กรอกอีสานเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไปและไส้กรอกอีสานทางการค้า วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส พบว่าไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกสูงกว่าข้าวหอมมะลิ ($P>0.05$) โดยมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำ และปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ($P<0.05$) ทำให้กระบวนการหมักเกิดได้เร็วกว่า มีค่าสีแดงสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ($P<0.05$) และตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคในทุกกลุ่มทดลอง และไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ($P<0.05$) โดยไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุดในระหว่างกระบวนการหมักและการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน พบว่าให้ผลดีที่สุด

คำสำคัญ : ข้าวไร่ จังหวัดชุมพร สารต้านอนุมูลอิสระ ไส้กรอกอีสาน ผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: The introduction of upland rice varieties used in the production of E-San sausage to increase value of products

Researcher: Miss Piyada Tavitchasri Faculty: Prince of Chumphon Campus
Department: Agricultural Technology

Mrs. Komkhae Pilasombut Faculty: Agricultural Technology
Department: Animal Production Technology and Fishery

Mr. Chamroon Laosinwattana Faculty: Agricultural Technology
Department: Plant Production Technology

ABSTRACT

The introduction of upland rice varieties of Chumphon province used in the production of E-San sausage to increase value of products project divided into 2 experiments. The objectives of the first experiment were study nutritional components and antioxidant properties of 10 upland rice varieties (brown rice : Phu khao thong, Leb nok, Leb mue nahng, Dowk pa yom, Dowk kham, Nang dam, Sam duean, Mae pheung, Ga dam ton dam, Ga dam ton khiaw and polished rice : Sam duean). The results revealed that Mae pheung, Nang dam, Leb nok, Ga dam ton dam, Sam duean and Leb mue nahng revealed the highest moisture, carbohydrate, energy, protein, fat and ash content, respectively. The antioxidant activities of six tradition rice varieties were analyzed for antioxidant activities using total phenolic content, DPPH radical scavenging activity, ABTS radical cation scavenging activity and reducing power. The result displayed that the highest antioxidant activity of upland rice was observed in Dokham, Dokha and Nangdam, respectively. The second experiment implemented to compare the quality and safety of E-San sausage from 3 upland rice in southern part of Thailand (Nang dam, Dowk kham and Dowk kha) between Thai jasmine rice which from obtained market and commercial brand. The results showed that the E-San sausage from 3 upland rice showed higher lactic acid bacteria with no significance different ($P>0.05$). However, the result showed the lower pH and higher total acidity than Thai jasmine rice group ($P<0.05$). The outstanding redness was found in E-San sausage made with 3 local upland rice compared to Thai jasmine rice ($P<0.05$). Pathogenic bacteria in E-San sausage all groups were not observed after fermentation process. E-San sausage made with local upland rice revealed higher antioxidant activity than Thai jasmine rice ($P<0.05$) and the highest antioxidant activity was demonstrated in E-San sausage made with Dokham rice. For quality and safety of E-San sausage with different fermentation process, physical, chemical, microbiological and sensory properties were determined. It was found that the fermentation process by vacuum 30°C for 4 day show the best quality of E-San sausage.

Keywords: Upland Rice, Chumphon province, Antioxidant, E-San Sausage, Fermented Meat Product

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง “การนำข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของชุมพรมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสานเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์” มีวัตถุประสงค์ในการนำข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดชุมพรมาศึกษาคุณค่าทางด้านโภชนาการและพัฒนาต่อยอดเพื่อพัฒนาทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน ผลการวิจัยในครั้งนี้ทูลเกล้าถวายให้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี โดยโครงการนี้จะเป็นการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชประจำถิ่น และใช้เป็นแหล่งศึกษาและปลูกสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชและทรัพยากรธรรมชาติแก่เยาวชนของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร และนักเรียนนักศึกษาในเขตพื้นที่ใกล้เคียง ทั้งนี้นอกจากจะเป็นการส่งเสริมเกษตรกรในด้านการปลูกข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดชุมพรเพื่อเป็นการสร้างความมั่นคงทางอาหารในครัวเรือนและชุมชนแล้ว ยังช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นและสามารถนำไปต่อยอดในการนำข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองมาทำไส้กรอกอีสานเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ร่วมจิตร นกเขา สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ รวมถึงการประสานงานกับกลุ่มเกษตรกรข้าวไร่ของอำเภอปะทิว เพื่อรวบรวมข้าวพันธุ์พื้นเมืองมาใช้ในงานวิจัยจึงทำให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

นางสาวปิยะดา ทวิชศรี
นางคมแข พิลาสมบัติ
นายจำรูญ เล้าสินวัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 19
การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวไร่สายพันธุ์พื้นเมือง ของจังหวัดชุมพร 19
การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้ข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส 23
บทที่ 4 ผลการวิจัย 32
การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวไร่สายพันธุ์พื้นเมือง ของจังหวัดชุมพร 32
การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้ข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส 41
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 87
5.1 สรุปผลการวิจัย 87
5.2 ข้อเสนอแนะ 87
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย 89
6.1 นักศึกษาปริญญาโท 89
6.2 บทความวิจัย 89
6.3 การเผยแพร่ในระหว่างการทำงานวิจัย 89
บรรณานุกรม 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก 101

ภาคผนวก ก หลักฐานเอกสารอ้างอิงของผลผลิตงานวิจัย 102

ภาคผนวก ข สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย 140

ประวัติผู้เขียน 142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ปริมาณธาตุเหล็กและโปรตีนของข้าวไร่ชุมพร 6
3.1 แสดง Experimental parameters ที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีในข้าวไร่ 23
3.2 สูตรการผลิตไส้กรอกอีสาน ปริมาณ 4 กิโลกรัม 24
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพร 32
4.2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกโดยวิธี DPPH radical scavenging activity ของข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 5 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์มาตรฐานข้าวหอมมะลิ (Mean ± SD) 34
4.3 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกโดยวิธี ABTS radical cation scavenging activity ของข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 5 สายพันธุ์ร่วมกับพันธุ์มาตรฐานข้าวหอมมะลิ (Mean ± SD) 36
4.4 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกโดยวิธี Reducing power ของข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 5 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์มาตรฐานข้าวหอมมะลิ (Mean ± SD) 37
4.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกของข้าวไร่ พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 5 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์มาตรฐานข้าวหอมมะลิ (Mean ± SD) 37
4.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี (Mean ± SD, มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพร 39
4.7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุ (Mean ± SD, มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพร 40
4.8 ค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้าและไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD) 45
4.9 ค่าสี (CIE L*, a* และ b*) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD) 46
4.10 ค่าความสดใส และค่าองศาของสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้าและไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD) 48
4.11 ค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาทางการค้าและไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD) 50
4.12 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture profile analysis) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD) 53
4.13 ค่าการออกซิเดชันของไขมัน Thio barbituric acid reactive substances (TBARS: mg MDA/kg sample) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้าและไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD) 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.14 จำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก และยีสต์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD) 60
4.15 จำนวนรา และเชื้อ *E.coli* ของไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ 61
4.16 จำนวนเชื้อ *S. aureus* และ *Salmonella* spp. ของไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ 62
4.17 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity, ABTS radical cation scavenging activity, Reducing power และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD) 65
4.18 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด (Mean ± SD) 68
4.19 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อค่าสี (CIE L*, a* และ b*) (Mean ± SD) 71
4.20 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อค่าความสดใส และค่าองศาของสี (Mean ± SD) 73
4.21 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างกระบวนการหมัก (Mean ± SD) 75
4.22 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture profile analysis) (Mean ± SD) 77
4.23 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก (Mean ± SD) 82
4.24 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อจำนวนรา และเชื้อ *E. coli* 83
4.25 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อจำนวนเชื้อ *S. aureus* และ *Salmonella* spp. 84
4.26 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Mean ± SD) 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างทางเคมีของ Amylose และ Amylopectin 7
2.2 โครงสร้างของ Anthocyanin 11
4.1 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อจำนวนยีสต์ (log cfu/g) 80
4.2 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อจำนวน Coliform (log cfu/g) 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ร่วมสนองพระราชดำริในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ มาตั้งแต่ พ.ศ. 2538 โดยคณาจารย์จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2544 สถาบันฯ ได้รับพระราชานุญาต ตามคำสั่งที่ อพ.สธ.๖/๒๕๔๔ ให้ร่วมสนองพระราชดำริโดยตรงโดยได้ใช้พื้นที่ภายในวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร เป็นพื้นที่ดำเนินโครงการฯ หลัก เพื่อรวบรวมและอนุรักษ์พันธุ์พืชท้องถิ่น ตลอดจนดำเนินการจัดกิจกรรมอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากพันธุ์พืชที่อยู่ภายในวิทยาเขตและพันธุ์พืชในจังหวัดชุมพร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ได้มีการศึกษาวิจัยด้านข้าวไร่ในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน โดยเริ่มต้นจากการสำรวจ รวบรวมพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมือง และเก็บรักษาพันธุ์มาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเฉพาะในพื้นที่จังหวัดชุมพรพบว่ายังมีความหลากหลายทางพันธุกรรม มีทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว อาทิ พันธุ์นางครวญ ข้าวสามเดือน ภูเขาทอง เล็บนก ดอกขาม นางดำ นางเขียน เล็บมือนาง ข้าวเหนียวดำกาต้นเขียว ข้าวเหนียวดำกาต้นดำ เป็นต้น จวบถึงปัจจุบันสามารถเก็บรวมรวมได้มากกว่า 30 พันธุ์ ต่อมาได้นำพันธุ์ที่ได้เก็บรวบรวมและเก็บรักษาไว้เหล่านั้นออกมาทำให้มีความบริสุทธิ์ของพันธุ์ (Pure-line selection) ได้แก่ นางครวญ ข้าวสามเดือน ภูเขาทอง เล็บนก ดอกขาม นางดำ นางเขียน ข้าวเหนียวดำกาต้นเขียว ข้าวเหนียวดำกาต้นดำ ข้าวไร่ชุมพรที่ได้รับการเก็บรวบรวมและทำให้มีความบริสุทธิ์ของพันธุ์ จนทำให้เกษตรกรในเขตจังหวัดชุมพรนำไปใช้ผลิตเพื่อการบริโภค พบว่าเป็นข้าวที่มีศักยภาพ เนื่องจากให้ผลผลิตต่อไร่สูง ทนทานต่อโรค และแมลง มีลักษณะการบริโภคที่ผู้บริโภคชื่นชอบ บางสายพันธุ์ของทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวดำ มีกลิ่นหอม มีแร่ธาตุ เช่น ธาตุเหล็ก และมีคุณค่าทางอาหารสูง นอกจากนี้หากปลูกเป็นข้าวออกานิค (organic) ที่ปลูกโดยไม่มีการใช้สารเคมีทางการเกษตรก็จะทำให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพและมีคุณค่าทางอาหารสูงยิ่งขึ้นไปอีก

ไส้กรอกอีสานเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่มีรสชาติเปรี้ยว ที่ทำมาจากเนื้อสุกร ไขมันสุกร ข้าวสุก ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เครื่องเทศและ สมุนไพร เช่น น้ำตาลทราย เกลือ กระเทียมบด พริกไทย ลูกผักชี ผสมให้เข้ากันดี นวดจนเหนียว บรรจุในไส้หมูหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ มัดเป็นท่อน ผึ่งไว้ในที่สะอาดจนเปรี้ยวและต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน (มผช., 2546) เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่ทำได้ง่าย และได้รับความนิยมในการบริโภคทั่วไปในประเทศไทย (Sriphochanart and Skolpap, 2001) ซึ่งแบคทีเรียกรดแลกติกที่ปนเปื้อนมาจากวัตถุดิบมีบทบาทสำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการหมัก แล้วสร้างกรดทำให้เกิดความเปรี้ยวในเนื้อหมัก (อัจฉรา, 2550) โดยทั่วไปแล้วในการผลิตไส้กรอกอีกสานจะต้องมีข้าวเป็นส่วนประกอบเพื่อเป็นอาหารของแบคทีเรียกรดแลกติก ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในการทำเกิดกระบวนการหมักและการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่อาจปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ ในบางพื้นที่อาจใช้ข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียวในการผลิตไส้กรอกอีสาน

จากการที่ได้มีโครงการอนุรักษ์ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดชุมพรหลายสายพันธุ์ ซึ่งข้าวไร่ดังกล่าวมีคุณสมบัติเด่นนั่นคือมีคุณค่าทางอาหารที่แตกต่างไปจากข้าวสายพันธุ์อื่นๆ และได้ส่งเสริมให้มีการปลูกแบบอินทรีย์ ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมเกษตรกรในพื้นที่ให้มีการปลูกข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัดชุมพร จึงได้มีการศึกษานำข้าวที่มีคุณสมบัติโดดเด่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านโภชนาการมาผลิตอาหาร ในโครงการนี้มีแนวคิดในการนำข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงมาพัฒนาทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานซึ่งเป็นอาหารที่นิยมรับประทานทั่วไป มีส่วนแบ่งทางด้านการตลาดค่อนข้างสูง และผลิตง่าย โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง เกษตรกรสามารถทำเองได้ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าการใช้ข้าวทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการมีสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งนอกจากจะเป็นการส่งเสริมเกษตรกรในด้านการปลูกข้าวพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของจังหวัดชุมพรแล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของไส้กรอกอีสานอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสนองพระราชดำริ และทูลเกล้าถวายโครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

1.2.2 เพื่ออนุรักษ์พันธุกรรมพืชประจำถิ่น และใช้เป็นแหล่งศึกษาและปลูกสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชและทรัพยากรธรรมชาติแก่เยาวชนของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร และนักเรียนนักศึกษาในเขตพื้นที่ใกล้เคียงต่อไป

1.2.3 เพื่อทดสอบคุณค่าทางโภชนาการของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพรสายพันธุ์ต่างๆ

1.2.4 ศึกษาการนำข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ นำมาผลิตไส้กรอกอีสานเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร

1.2.5 ศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของไส้กรอกอีสานจากข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ จากนั้นคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงที่สุดประมาณสามหรือสี่สายพันธุ์เพื่อผลิตไส้กรอกอีสาน โดยศึกษากระบวนการหมักที่แตกต่างกันสองวิธี คือ การหมักแบบควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในถุงสุญญากาศ และการหมักแบบทั่วไป คือ แขวนไว้ในอุณหภูมิห้อง ทำการศึกษาไส้กรอกอีสานต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และทางประสาทสัมผัส โดยศึกษาค่าความเป็นกรดด่าง สี (CIE L*a*b*) ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างกระบวนการหมัก ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force) ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis ค่าความชื้น (Moisture content) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ค่าลิปิดออกซิเดชั่น ทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติก จำนวนยีสต์และรา และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ของไส้กรอกอีสาน

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวไร่สายพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดชุมพร

ศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการของข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ ของจังหวัดชุมพร รวมถึงศึกษาคุณสมบัติการให้ฤทธิ์ของการเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ของข้าวไร่แต่ละพันธุ์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวไร่ที่มีคุณสมบัติโดดเด่นมาทำการศึกษาการผลิตไส้กรอกอีสานที่เสริมข้าวไร่พื้นเมืองพันธุ์ต่างๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้ข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ ในการผลิตไส้กรอกอีสานต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส

แบ่งการทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม โดยใช้ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมือง 3 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวพันธุ์ทั่วไปในท้องตลาดมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสานและเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานทางการค้า ด้วยวิธีการหมัก 3 แบบ คือ 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน 2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และ 3) บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์หา :

คุณสมบัติทางด้านกายภาพ

- ค่าความเป็นกรดด่าง
- สี (CIE L*a*b*) ด้วยเครื่อง Hunterlab Mini Scan EZ
- ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างกระบวนการหมัก
- ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force) โดยใช้หัววัด Warner-Bratzler shear ด้วยเครื่อง Instron (model 1011, USA)
- ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis โดยใช้หัววัดแบบ Compression ด้วยเครื่อง Instron (model 1011, USA)

คุณสมบัติทางด้านเคมี

- ค่าความชื้น (Moisture content) ด้วยเครื่องตรวจวัดค่าความชื้น (Analyzer, Hobart, USA)
- ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity measurement) ด้วยเครื่อง เครื่องตรวจวัดค่า A_w (Novasina, Switzerland)
- ปริมาณกรดทั้งหมด
- Lipid oxidation (TBARS)
- คุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH)

คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์

- จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติก
- จำนวนยีสต์และรา

วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส (chewiness and hardness) กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ numerical hedonic scale และ rating scale (Stone and Sidel, 2004)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถอนุรักษ์พันธุกรรมพืช และใช้เป็นแหล่งศึกษาและปลูกสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชและทรัพยากรธรรมชาติ แก่เยาวชน ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร และนักเรียนนักศึกษาในเขตพื้นที่ใกล้เคียง

1.5.2 นำข้อมูลไปใช้ในการศึกษาการใช้ประโยชน์ของพืชและทำการวิจัยเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ชุมชนและเกษตรกรไทย ตลอดจนมีการนำทรัพยากรไปใช้อย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3 นำไปสู่การพัฒนาการใช้ประโยชน์ของพืชร่วมกับผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เพื่อการนำทรัพยากรไปใช้อย่างยั่งยืนต่อไป

1.5.4 ได้ผลงานนำเสนอในงานประชุมวิชาการระดับประเทศ/ต่างประเทศ หรือผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับประเทศ

1.5.5 เป็นการพัฒนาบุคลากรด้านการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเพื่อให้ทราบถึงคุณค่าทางโภชนาการข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองสายพันธุ์ต่างๆ ของจังหวัดชุมพรเปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์ทั่วไปในท้องตลาด จะชี้ถึงศักยภาพของข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ ว่ามีคุณค่าทางโภชนาการรวมถึงมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวกลุ่มเปรียบเทียบในระดับใด และใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกนำเอาสายพันธุ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงที่สุดประมาณสามหรือสี่สายพันธุ์มาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาการใช้ประโยชน์ของพืชร่วมกับผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ซึ่งเป็นการนำทรัพยากรไปใช้ร่วมกันอย่างยั่งยืนต่อไป

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวพื้นเมือง (Landrace rice, Indigenous หรือ Native rice) หมายถึง ข้าวพันธุ์ดั้งเดิมที่มีการปลูกอยู่ในแต่ละท้องถิ่นมาตั้งแต่โบราณกาล ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ไม่บริสุทธิ์ (Mixture) หรือมีพันธุ์อื่นปนอยู่ด้วย ซึ่งถือว่าเป็นภูมิปัญญาของชาวนาไทยที่ปลูกรักษาพันธุ์มาหลายชั่วอายุ ทำให้คงไว้ซึ่งมีความหลากหลายทางพันธุกรรมข้าว (สมทรง และคณะ, 2559) ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางของการผันแปรพันธุ์ข้าวทำให้มีพันธุ์ข้าวมากกว่า 3,500 สายพันธุ์ ที่มีลักษณะแตกต่างกัน (ประพฤติ และคณะ, 2559) โดยมีพันธุ์ข้าวพื้นเมือง ข้าวป่า ข้าวพันธุ์ดีต่างประเทศและสายพันธุ์ข้าวดีเด่นจากทั่วประเทศทั้งหมด 10,292 สายพันธุ์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ข้าวนาสวน รองลงมาข้าวไร่ (วันวิสาข์ และคณะ, 2558; Sritoomma, 2009) สำหรับข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ เช่น พันธุ์ดอกขาม นางดำ สังข์หยด เล็บนก ดอกพะยอม หอมจันทร์ กาบดำ ดอกข่า และไข่มดริ้น เป็นต้น ยังคงมีความหลากหลายขององค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดที่แตกต่างกัน เช่น เยื่อสีหุ้มเมล็ด โดยพบว่าเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำหรือม่วง มีองค์ประกอบทางเคมี เช่น เหล็ก แอนโทไซยานิน และฟีนอลิกสูงกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงและสีขาว ตามลำดับ (Yodmanee *et al*., 2011)

ข้าวไร่จังหวัดชุมพร

Choola-aied (2012) ศึกษาการหาวิตามินอีในข้าวไร่จังหวัดชุมพร พบว่าข้าวสายพันธุ์แม่ผึ้ง ข้าวเหนียวดำกาต้นเขียว ข้าวเหนียวดำกาต้นดำ ข้าวพันธุ์ภูเขาทอง เล็บนกไร่ ดอกขาม สามเดือน นางดำ นางครวญ นางเขียน และเล็บมือนาง มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ lipophilic หลักซึ่งยับยั้งการ peroxidation ของไขมันไม่อิ่มตัว ในขณะที่ ร่วมจิตร (2559) รายงานว่าข้าวไร่สายพันธุ์ชุมพรมีธาตุเหล็กสูง (ตารางที่ 2.1)

องค์ประกอบทางเคมีของข้าว

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเมล็ดข้าวคือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำหรือความชื้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของข้าวทั้งในลักษณะข้าวเปลือก ข้าวสาร และข้าวกล้อง โดยมีคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีสตาร์ชเป็นหลักในสัดส่วนต่างๆ กัน ขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว สำหรับโปรตีนในข้าวยังนับว่าเป็นแหล่งอาหารโปรตีนหลัก ซึ่งจะช่วยในการเจริญเติบโต ส่วนไขมันในข้าวจะอยู่ในกลุ่มไขมันที่มีรูปร่างหยดกลมโดยอยู่รวมกับสตาร์ชและโปรตีนในชั้นแอลิวโรนและคัพภะ น้ำหรือความชื้นมีผลต่อคุณภาพข้าวในการเก็บรักษา (เชาวนีพร และคณะ, 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณธาตุเหล็กและโปรตีนของข้าวไร่ชุมพร

พันธุ์ข้าว	ธาตุเหล็ก (mg/100g)	โปรตีน (%)
พันธุ์นางดำ	1.95	9.05
พันธุ์ดอกขาม	2.32	7.76
พันธุ์สามเดือน	2.72	7.11
พันธุ์ภูเขาทอง	2.17	9.20
พันธุ์นางเขียน	1.73	7.47
พันธุ์ดำกาต้นดำ	2.50	9.82

ที่มา : ร่วมจิตร (2559)

1. คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

คาร์โบไฮเดรตที่กล่าวถึงคือแป้งหรือสตาร์ช หมายถึงคาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ สตาร์ชเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ พบมากที่สุดในเนื้อเมล็ดของข้าวเม็ดประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ สตาร์ชมีรูปร่างลักษณะเป็นหลายเหลี่ยมและมีขนาดเล็ก ประมาณ 2-9 ไมครอนรวมตัวกันอยู่ภายในอะไมโลพลาส (amyloplast) จำนวน 20-60 เม็ด สตาร์ชเป็นกลุ่มก้อน กลมหรือยาวรี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกลุ่มเม็ดสตาร์ชในอะไมโลพลาสประมาณ 7-39 ไมครอน (เชาวนีพร และคณะ, 2559)

โครงสร้างทางเคมีของสตาร์ชจะประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสต่อกันเป็นสายยาวที่มีขนาดใหญ่ โมเลกุลของสตาร์ชประกอบด้วยสารประกอบทางเคมี 2 ชนิด คือ อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพคติน (amylopectin) โดยอะไมโลสเป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วยต่อกันเป็นสายโซ่ยาวแบบขดเป็นเกลียวแบบฮิลิกซ์ (helix) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4-glucosidicbond และส่วนน้อยเป็น α-1,6-glucosidicbond ในขณะที่อะไมโลเพคตินเป็นโพลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคสโดย 6 ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4-glucosidicbond ในขณะที่ส่วนที่เป็นกิ่งก้านสาขาซึ่งเป็นโพลิเมอร์กลูโคสสายสั้นเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,6-glucosidicbond ดังภาพที่ 2.1 (Vandeputte and Delcour, 2004)

คาร์โบไฮเดรตในข้าวจะสามารถพบได้มากที่สุดในเนื้อเมล็ดของข้าว โดยมีปริมาณมากกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างข้าวหลาย ๆ สายพันธุ์ พบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ต่างกันมากนัก Oko *et al.* (2012) รายงานว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตในข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากของนาข้าวอิโบนไย ประเทศไนจีเรีย จำนวน 20 สายพันธุ์ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 76.92- 86.82 เปอร์เซ็นต์ และ Thomas *et al.* (2013) รายงานว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตในข้าวที่นิยมบริโภคในรัฐปีนัง ประเทศมาเลเซีย จำนวน 6 สายพันธุ์ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 78.21-82.23 เปอร์เซ็นต์

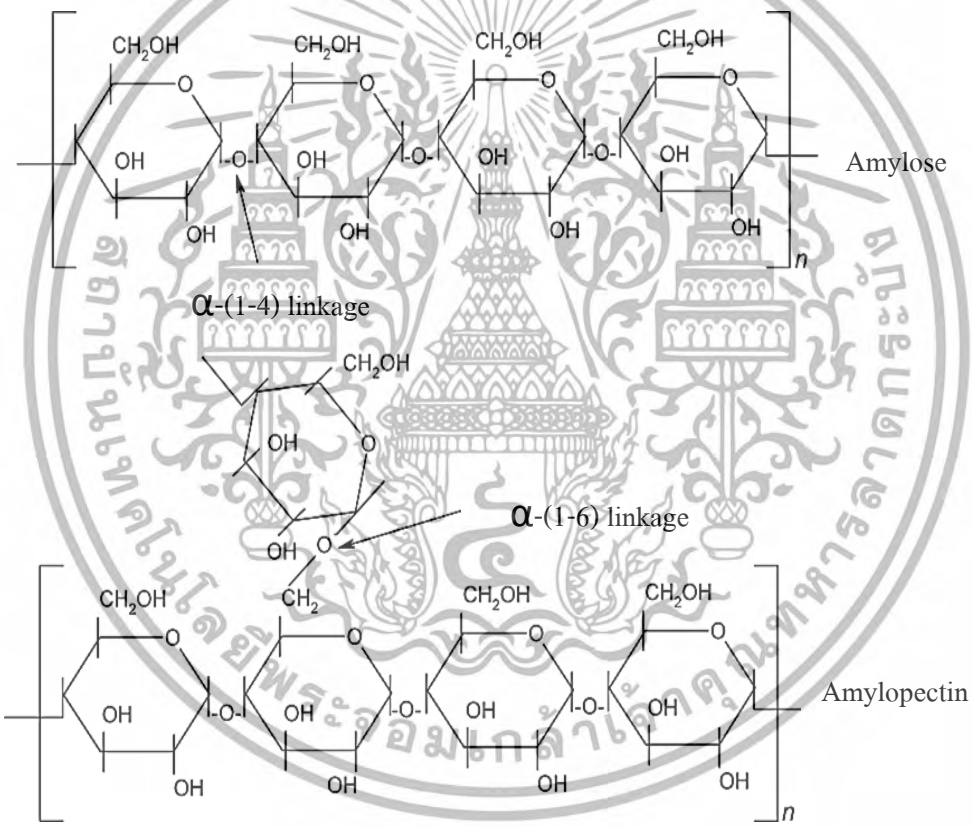
2. โปรตีน (Protein)

โปรตีนในข้าวมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว โดยทั่วไปจะมีปริมาณน้อยกว่าในธัญพืชชนิดอื่น โปรตีนที่มีในข้าวนี้เกิดขึ้นตามส่วนต่างๆของเมล็ดมีมากในชั้นเปลือกหุ้มเมล็ด และเนื้อเมล็ดด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจะมีโปรตีนมากกว่าใจกลางเมล็ด โปรตีนในข้าวแบ่งออกเป็น 4 ชนิด แบ่งตามคุณสมบัติการละลาย ได้แก่ อัลบูมิน โกลบูลิน โปรลามิน และกลูตีลิน ซึ่งกลูตีลินเป็นโปรตีนหลักที่พบอยู่เป็นจำนวนมากในข้าว (อรอนงค์, 2547)

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของ Yodmanee *et al.* (2011) พบว่าปริมาณโปรตีนในข้าวพื้นเมืองทางภาคใต้ จำนวน 8 สายพันธุ์ (ข้าวหอมกระดังงา ข้าวขามยาน ข้าวแสงยอด ข้าวเหนียวแดง-96060 ข้าวครามแดง ข้าวเหนียวดำ-96044 ข้าวเหนียวดำ-96025 และข้าวโครไหมปี) มีปริมาณโปรตีนระหว่าง 6.63-8.44 เปอร์เซ็นต์ และ Thomas *et al.* (2013) รายงานว่าปริมาณโปรตีนในข้าวที่นิยมบริโภคในรัฐปีนัง ประเทศมาเลเซีย จำนวน 6 สายพันธุ์ พบว่ามีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 5.96-8.16 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของ Amylose และ Amylopectin

ที่มา : Vandeputte and Delcour (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ไขมัน (Fat)

ข้าวมีปริมาณไขมันประมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ คล้ายคลึงธัญชาติอื่นโดยพบมากที่สุดในส่วนของคัพภะ รองลงมาคือส่วนเปลือก และมีในส่วนเนื้อเมล็ดน้อยที่สุด ทำให้ในข้าวกล้องมีไขมันมากกว่าข้าวสาร คือมีไขมันอยู่ 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในข้าวสารมีเพียง 0.5-1.2 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ไขมันเหล่านี้อยู่ในรูปของกลีเซอไรด์โดยกรดไขมันจะพบทั้งประเภทไขมันอิ่มตัว และไขมันไม่อิ่มตัว และอาจอยู่ในรูปของฟอสโฟลิปิด (phospholipids) เช่นเลซิติน (lecithin) ไกลโคไลปิด (glycolipids) เทอร์พีนอยด์ (terpenoids) ไขมันสามารถทำปฏิกิริยากับเอนไซม์เกิดเป็นสารกลีเซอรอลและกรดไขมันอิสระซึ่งสามารถก่อให้เกิดสารที่ทำให้กลิ่นเหม็นหืนได้เช่นเดียวกับปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันก็ทำให้เกิดกลิ่นหืนได้เช่นกัน (สุนันทา, 2556)

จากการวิเคราะห์ปริมาณไขมันของ Yodmanee *et al.* (2011) ในข้าวพื้นเมืองทางภาคใต้จำนวน 8 สายพันธุ์ (ข้าวหอมกระดังงา ข้าวขามยาน ข้าวแสงยอด ข้าวเหนียวแดง-96060 ข้าวครามแดง ข้าวเหนียวดำ-96044 ข้าวเหนียวดำ-96025 และข้าวโครไหมปี) มีปริมาณไขมันระหว่าง 1.44-2.17 เปอร์เซ็นต์ และ Thomas *et al.* (2013) รายงานว่าปริมาณไขมันในข้าวที่นิยมบริโภคในรัฐปีนัง ประเทศมาเลเซีย จำนวน 6 สายพันธุ์ มีปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 0.07-1.74 เปอร์เซ็นต์

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระเป็นคำศัพท์ที่แปลมาจากคำว่า antiradical ปัจจุบันศัพท์คำนี้ได้ถูกบัญญัติใหม่เป็นสารขจัดหรือกำจัดอนุมูล (radical scavenger) เพื่อให้ถูกต้องตรงกับการทำงานอาจใช้คำว่าสารแอนตี้ออกซิแดนท์ (antioxidant) สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลโดยตรง เพื่อกำจัดอนุมูลให้หมดไป หรือหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ไม่ให้ดำเนินต่อ สารขจัดอนุมูลอิสระที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น กรดยูริค (uric acid) บิลิรูบิน (bilirubin) จะกำจัดอนุมูล ส่วนวิตามินซี วิตามินอี กลูตาไธโอน เบต้าแคโรทีน และยูบิควิโนน จะหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลและมีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) สิ้นสุดลง (โอภา, 2550)

สารต้านอนุมูลอิสระ คือสารที่ทำหน้าที่ป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระได้ โดยสารเหล่านี้มีกลไกในการต้านอนุมูลอิสระหลายหลากหลายรูปแบบ (Halliwel, 2009) บทบาทสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระคือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกายซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆของมนุษย์ และป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพในอาหาร มีกลไกการออกฤทธิ์ 2 ประเภท คือการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันและการกันออกซิไดซ์โดยสลายห่วงโซ่อนุมูล (ประสงค์, 2553; Chattopadhyay and Chattopadhyay, 2008) สารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งที่เป็นสารจากธรรมชาติ (natural antioxidant) และสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidant) โดยแยกตามแหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ

1. แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ

ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ได้มาจากสัตว์ พืชผัก เครื่องเทศ อุ่นออริกาโน สะระแหน่ พริกไทย ชา ถั่วเขียว และสมุนไพรบางชนิดได้รับความสนใจและศึกษากันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากกระแสเรื่องความปลอดภัยของสารสกัดจากธรรมชาติ (Huang *et al.*, 2011) สารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthetic antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์เป็นสารที่ใช้เพื่อการชะลอการเสียของอาหารอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งลักษณะของการเสียเนื่องจากปฏิกิริยาดังกล่าวรวมถึงการเสื่อมคุณภาพของอาหาร การหืนทำให้อาหารมีสีผิดปกติ กลิ่น รส และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลงไป คุณค่าทางอาหารลดลง และบางครั้งอาจมีสารที่เป็นอันตรายต่อร่างกายเกิดขึ้นด้วย สารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการสังเคราะห์และได้รับอนุญาตให้ใช้ในอาหาร ได้แก่ บิวทิลเลตไฮดรอกซีโทลูอีนหรือบีแอชที (butylated hydroxytoluene; BHT) สารบิวทิลเลตไฮดรอกซิลอะนิโซลหรือบีเอชเอ (butylated hydroxyanisole; BHA) เทอทีเรียบิวทิลไฮโดรควิโนน หรือ ทีบีเอชคิว (tertiary butyl hydro quinone; TBHQ) โพรพิลแกลเลต (propyl gallate; PG) โดดิคิล (dodecyl) และโปรพิล (propyl) เป็นต้น (อัจฉราและมงคล, 2557; Huang *et al.*, 2011; Gülçin, 2012)

1.2 สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural antioxidants)

สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและมีการค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบันเนื่องจากความเชื่อมั่นว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้พบได้ทั้งในจุลชีพ สัตว์ และพืช ซึ่งในพืชบางชนิดมีสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ ได้แก่ แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เบต้าแคโรทีน (β- carotene) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) และสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (non-nutrient) ได้แก่ สารสกัดจากองุ่น (resveratrol) พริก (capsaicin) ขา ([6]-gingerol) ชาเขียว (epigallo catechin-3-gallate) โดยเติมลงไปในสูตรเป็นส่วนผสมผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อให้กลิ่นและรสชาติ สารเหล่านี้ทำหน้าที่ต่อต้านหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระหรือแม้กระทั่งป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระไปทำลายเซลล์ต่าง ๆในร่างกาย การได้รับอนุมูลอิสระจำนวนมากจะเป็นผลร้ายต่อสุขภาพ (สุรางค์รัตน์, 2558)

2. สารต้านอนุมูลอิสระในธัญพืช

สารต้านออกซิเดชันที่ได้จากธรรมชาติ คือสารประกอบที่ได้จากพืชหรือเนื้อเยื่อของสัตว์และมีคุณสมบัติการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้จากแหล่งต่างๆ เช่น ผัก ผลไม้ ธัญพืช เครื่องเทศ อาจมีอยู่ในส่วนเปลือก เมล็ด ใบ หรือลำต้น (Liu *et al.*, 2015; Mau *et al.*, 2017; Pan *et al.,* 2017) เมล็ดธัญพืชของข้าวจัดเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพเนื่องจากมีสารประกอบโพลีฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ วิตามินอี (Liu *et al.*, 2015; Jiang and Xiong, 2016; Mau *et al.*, 2017) และเบต้าแคโรทีนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง (Tian *et al.*, 2004) ซึ่งสารดังกล่าวมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะเยื่อหุ้มเมล็ดในส่วนของผิวเมล็ดจนถึงเยื่อหุ้มเมล็ดชั้นในมีสารต่างๆ เช่น แอนโทไซยานินส่วนใหญ่เป็น cyanidin-3-glucoside (Mau *et al.*, 2017) สำหรับข้าวไร่พื้นเมืองหลายสายพันธุ์มีสารดังกล่าวมีฤทธิ์ช่วยในการป้องกันโรคต่างๆที่มีสาเหตุจากอนุมูลอิสระ เช่นโรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคระบบภูมิคุ้มกันผิดปกติ เป็นต้น (อมรรัตน์ และคณะ, 2558)

รัชนี และคณะ (2551) ทำการศึกษาหาปริมาณเหล็ก สังกะสี ทองแดง วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และลูทีนในข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากแหล่งต่างๆของประเทศไทย พบว่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีสีม่วงเข้มจะเป็นแหล่งที่ดีของสารต้านอนุมูลอิสระ มีปริมาณเหล็ก 6.9-23.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สังกะสี 12-35.5 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อกิโลกรัม ทองแดง 1.30-6.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม วิตามินอี 261.41-1793.14 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม เบต้าแคโรทีน 22.16-34.76 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม และลูทีน 170.30-208.80 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม

สัญชัย (2552) ศึกษาคุณภาพข้าวพื้นเมืองมีสีของภาคใต้ในประเทศไทย จำนวน 8 สายพันธุ์ ได้แก่ กำหยาน หอมกระดังงา สังข์หยด ช่อไม้ไผ่ กรามแรด เหนียวแดงรหัส 96060 เหนียวดำรหัส 96025 และเหนียวดำรหัส 96044 รวมถึงการศึกษาปริมาณโพลีฟีนอลในข้าวพันธุ์ดังกล่าว ซึ่งการศึกษาพบว่าข้าวเหนียวดำรหัส 96044 มีปริมาณโพลีฟีนอลสูงสุด รองลงมาคือข้าวเหนียวดำรหัส 96025 ช่อไม้ไผ่ ข้าวเหนียวแดงรหัส 96060 สังข์หยด หอมกระดังงา กรามแรด และกำหยาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 320.24, 280.15, 208.42, 84.43, 82.01, 80.44, 80.17 และ 58.89 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ และพบว่าสารสกัดจากข้าวเหนียวดำรหัส 96044 มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH มากที่สุด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS ของข้าวมีสีพันธุ์พื้นเมืองทั้ง 8 สายพันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 0.22-0.10 มิลลิโมลาร์ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง

3. สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าว

เยื่อหุ้มเมล็ดข้าวมีสารสีที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระอยู่หลายชนิดส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่มของโพลีฟีนอล (polyphenol compounds) รวมถึงสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) นอกจากนี้มีวิตามินอีและเบต้าแคโรทีน (β-carotene) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Escribano-Bailon *et al.*, 2004; Mau *et al.,* 2017) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 โพลีฟีนอล (Polyphenol compounds)

โพลีฟีนอลเป็นสารที่พบมากในธรรมชาติทั้งพืช ผัก และผลไม้ โดยจะพบมากในองุ่น ผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ รวมถึงข้าวที่มีรงควัตถุหรือข้าวมีสี โพลีฟีนอลแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือกรดฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอลเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญโดยมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านการอักเสบและการแพ้ รวมถึงการมีคุณสมบัติในการสลายลิ่มเลือด เป็นสารต้านการก่อมะเร็งและลดความดันโลหิตจากฤทธิ์ขยายหลอดเลือด ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวสอดคล้องกับคุณสมบัติของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Escribano-Bailon *et al.*, 2004)

วาริน และคณะ (2551) รายงานว่าข้าวที่มีสีช่วยในการลดระดับคอเลสเตอรอล (cholesterol) ในเลือดและมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระได้ดี เนื่องจากมีสารโพลีฟีนอล (polyphenol) เป็นตัวช่วยลดปริมาณของอนุมูลอิสระในสิ่งมีชีวิต และสารแอนโทไซยานิดิน อยู่ค่อนข้างสูงเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำงานได้ดีกว่าวิตามินอีถึง 5 เท่า เมื่อร่างกายได้รับสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) เพียงพอสารนี้จะไปจับกับสารอนุมูลอิสระที่เกิดจากธรรมชาติหรือที่ผลิตจากความผิดปกติภายในร่างกาย ทำให้สารอนุมูลอิสระเหล่านั้นไม่สามารถไปรบกวนการทำงานของเซลล์ต่างๆได้ โดยสารทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติเป็นทั้งสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และสารต้านการอักเสบ (anti-inflammation)

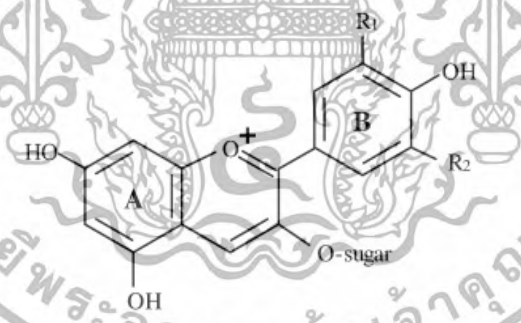
Choi *et al.* (2007) ศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากธัญพืชบางชนิดที่พบในประเทศเกาหลี พบว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มของโพลีฟีนอล และสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ พบว่าปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มของโพลีฟีนอลมีปริมาณสูงที่สุดในข้าวฟ่าง รองลงมาคือข้าวสีดำ พบในปริมาณเท่ากับ 733 และ 313 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ส่วนปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มของแคโรทีนอยด์พบมากในถั่วเขียว (102 มิลลิกรัมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100 กรัมตัวอย่าง) และมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวต่ออนุมูล DPPH, ABTS ความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันในกรดไลโนเลอิก และ reducing power พบว่าสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวฟ่าง และข้าวสีดำมี scavenging capacity ความสามารถในการต้านการเกิดอนุมูลอิสระในกรดไลโนเลอิก และ reducing power สูงกว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวขาว ข้าวบาร์เลย์ และถั่วเขียว เป็นต้น

3.2 แอนโทไซยานิน (Anthocyanin)

แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ โครงสร้างของแอนโทไซยานินประกอบด้วยแอนโทไซยานิดิน (anthocyanidin) หรืออะไกลโคนกับน้ำตาลและแอซิล (acylgroup) ซึ่งส่วนนี้จะมีหรือไม่มีก็ได้ (Castaneda-Ovando *et al*., 2009) แอนโทไซยานิดินมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติก (A) ต่อกันกับวงแหวนเฮเทอโรไซคลิก (C) และมีวงแหวนอะโรมาติกหรืออาจเป็นหมู่ของเมทอกซิล (methoxyl ,-OCH_3) และไฮดรอกซิล (hydroxyl, -OH) มาต่ออีก 1 วง (B) เมื่อมีหมู่ของน้ำตาลมาสร้างพันธะกับแอนโทไซยานิดินที่ตำแหน่ง 3 และ 5 เรียกโครงสร้างนี้ว่าแอนโทไซยานิน ดังภาพที่ 2.2 (Sancho and Pastore, 2012) สำหรับสารให้สีกลุ่มแอนโทไซยานินที่พบในข้าวมีสีส่วนใหญ่ คือ cyanidin-3-glucoside รองลงมาคือ peonidin-3-glucoside นอกจากนี้อาจพบ cyanidin-3-gentiobioside, cyanidin-3-rhamnoside, cyanidin-3,5-diglucoside, cyanidin-3-rhamnoglucoside, malvidin-3-galacto side, peonidin-3-rhamnogluco side และ delphinidin จะพบในปริมาณน้อย โดยข้าวต่างชนิดกันจะมีปริมาณแอนโทไซยานินที่แตก ต่างกัน (Escribano-Bailon *et al*., 2004)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของ Anthocyanin

ที่มา : Sancho and Pastore (2012)

ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว (2557) รายงานว่าข้าวที่มีสีดำมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ดี เนื่องจากมีสารจับอนุมูลอิสระทั้งวิตามินอีกลุ่มไดเมอร์ควิโนโลนเทอร์พีนแอลคาลอยด์ (quinolone alkaloid), phytate ɣ-oryzonol, polyphenol และ anthocyanin อยู่ในข้าวสีดำ เช่น พันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ พบว่ามีปริมาณโฟลีฟีนอลิกถึง 752.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง แอนโทไซยานิน 250.36 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และเบต้าแคโรทีน 63.3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งพบอยู่มากในเนื้อผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sompong *et al*. (2011) ศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวสีแดงและดำ โดยแบ่งเป็นข้าวสีแดง จำนวน 9 สายพันธุ์ และข้าวดำ จำนวน 3 สายพันธุ์ จากประเทศไทย จีน และศรีลังกา พบว่าในข้าวสีดำทั้ง 3 สายพันธุ์ มีปริมาณสารแอนโทไซยานิน 109.5-256.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งสูงกว่าข้าวสีแดงทั้ง 9 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณแอนโทไซยานิน 0.3-1.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และพบว่าข้าวเหนียวดำเปลือกขาวจากประเทศไทย และข้าวสีดำจากประเทศจีนมีปริมาณ cyanidin 3-glucoside เท่ากับ 137 และ 141 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

Chen *et al.* (2012) ทำการศึกษาข้าว จำนวน 9 สายพันธุ์ โดยแบ่งข้าวเป็น 4 กลุ่ม คือ ข้าวที่มีเมล็ดสีขาว สีเขียว สีแดง และสีดำ พบว่าเมล็ดข้าวที่มีสีต่างกันจะมีปริมาณ และชนิดของแอนโทไซยานินแตกต่างกัน โดยข้าวสีดำมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด รองลงมาคือข้าวสีแดง ส่วนข้าวสีเขียว และสีขาวมีปริมาณแอนโทไซยานินน้อยมาก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรได้มีการศึกษาวิจัยด้านข้าวไร่ในพื้นที่ภาคไร่ตอนบน โดยเริ่มต้นจากการสำรวจ รวบรวมพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมือง และเก็บรักษาพันธุ์มาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเฉพาะในพื้นที่จังหวัดชุมพร พบว่ายังมีความหลากหลายทางพันธุกรรม มีทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว อาทิ พันธุ์นางครวญ ข้าวสามเดือน ภูเขาทอง เล็บนก ดอกขาม นางดำ นางเขียน เล็บมือนาง ข้าวเหนียวดำกาต้นเขียว ข้าวเหนียวดำกาต้นดำ เป็นต้น จวบถึงปัจจุบันสามารถเก็บรวมรวมได้มากกว่า 30 พันธุ์ ต่อมาได้นำพันธุ์ที่ได้เก็บรวบรวมและเก็บรักษาไว้เหล่านั้นออกมาทำให้มีความบริสุทธิ์ของพันธุ์ (Pure-line selection) ได้แก่ นางครวญ ข้าวสามเดือน ภูเขาทอง เล็บนก ดอกขาม นางดำ นางเขียน ข้าวเหนียวดำกาต้นเขียว ข้าวเหนียวดำกาต้นดำ เลือกใช้วิธีการคัดรวมหรือการคัดเลือกแบบหมู่เพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีหลายยีโนไทพ์ ทำให้ทนทานต่อสภาพแวดล้อมและมีอัตราปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้สูงกว่าการคัดเลือกแบบพันธุ์บริสุทธิ์ (ไพศาล, 2526) ใช้ผังการคัดเลือกดัดแปลงจากไพศาล (2526) โดยคัดเลือกต้นที่ไม่แข็งแรง มีการเจริญเติบโตไม่ดี และมีลักษณะแตกต่างจากประชากรกลุ่มใหญ่ที่สุด (off-type) ออกไปจากแปลงปลูก จากต้นที่ผ่านการคัดเลือกทั้งหมดจะเลือกต้นที่ดีที่สุดจำนวน 30 % ของประชากร มีจำนวนเมล็ดต่อรวงไม่ต่ำกว่า 200 เมล็ด และได้ทำการศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ ซึ่งในจำนวนพันธุ์บริสุทธิ์เหล่านั้น นักวิจัยตระหนักถึงความเป็นประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับเกษตรกรอย่างกว้างขวางหากเกษตรกรจะนำไปใช้ในการผลิตเพื่อการบริโภคซึ่งจะนำไปสู่ความมั่นคงด้านอาหารของเกษตรกรในพื้นที่

ข้าวไร่ชุมพรที่ได้รับการเก็บรวบรวมและทำให้มีความบริสุทธิ์ของพันธุ์ทำให้เกษตรกรในเขตจังหวัดชุมพรนำไปใช้ผลิตเพื่อการบริโภค ข้าวไร่ดังกล่าวจัดว่าเป็นข้าวที่มีศักยภาพ เนื่องจากให้ผลผลิตต่อไร่สูง ทนทานต่อโรค และแมลง มีลักษณะการบริโภคที่ผู้บริโภคชื่นชอบ มีทั้งพันธุ์ข้าวเจ้า และพันธุ์ข้าวเหนียวดำ บางพันธุ์มีกลิ่นหอม มีแร่ธาตุ เช่นธาตุเหล็ก และคุณค่าทางอาหารสูง นอกจากนี้หากปลูกเป็นข้าวออกานิค (organic) ที่ปลูกโดยไม่มีการใช้สารเคมีทางการเกษตร ก็จะทำให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพ และมีคุณค่าทางอาหารสูงยิ่งขึ้นไปอีก

จากการสืบค้นข้อมูลในเบื้องต้นพบว่า มีข้าวพื้นเมืองหรือข้าวไร่หลายสายพันธุ์ ที่มีสารสำคัญในกลุ่มแคโรทีนอยด์อยู่สูง โดยสารในกลุ่มนี้ประกอบด้วยเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารเริ่มต้นในการสังเคราะห์วิตามินเอของร่างกาย และยังมีคุณสมบัติเป็นแอนตี้ออกซิแดนซ์มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ นอกจากในอุตสาหกรรมอาหารแล้ว แคโรทีนอยด์ยังเป็นสารที่มีการใช้มากในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็ตามแคโรทีนอยด์มีราคาสูงถึงประมาณกิโลกรัมละ 5,000-100,000 บาท เนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งแม้ว่าความต้องการใช้แคโรทีนอยด์ในประเทศไทยยังไม่มีการรวบรวมไว้ แต่มีการประมาณการใช้เบต้าแคโรทีน จากแหล่งธรรมชาติของทุกประเทศ ในปี 2001 สูงถึง 887 ล้านเหรียญสหรัฐอเมริกา แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการผลิตเบต้าแคโรทีนโดยวิธีการสังเคราะห์ ซึ่งมีราคาที่ถูกกว่าเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้จากธรรมชาติ แต่ผู้บริโภคทั่วไปให้ความสนใจและยอมรับแคโรทีนอยด์ที่มาจากธรรมชาติมากกว่า

ผลิตภัณฑ์เนื้อแบบหมักเปรี้ยว (Fermented meat products)

ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักเปรี้ยวเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมและรับประทานกันอย่างแพร่หลาย โดยการนำเนื้อสัตว์มาทำการหมักเพื่อเป็นการถนอมอาหาร เนื่องจากเนื้อสัตว์เป็นแหล่งอาหารที่อุดมไปด้วยโปรตีน (คมแข, 2560) โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์หมักจะมีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารรวมทั้งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ถือเป็นสิ่งไม่พึงประสงค์โดยเฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย (spoilage microoganism) หรือที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic microoganism) (Yılmaz and Murat Velioglu, 2009)

ในทางตรงกันข้ามผลิตภัณฑ์เนื้อแบบหมักเปรี้ยวกลับต้องการให้มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้น เพราะจุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถใช้คาร์โบไฮเดรตโดยเฉพาะน้ำตาลกลูโคสหรือเด็กซ์โตส (glucose or dextrose) ซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเป็นแหล่งอาหารเพื่อสร้างเป็นกรดแลกติกเป็นผลให้ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อที่มีรสออกเปรี้ยว (tangy) และการเสื่อมสภาพของโปรตีน (protein denaturation) (คมแข, 2560; Yılmaz and Murat Velioglu, 2009) ในวัตถุดิบโดยเฉพาะเนื้อสัตว์เกิดการทำงานของกรดแลกติกและมีผลทำให้ความชื้นลดลงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสเฉพาะตัว นอกจากนี้ปริมาณกรดที่ถูกสร้างขึ้นนี้สามารถช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ (Cleveland *et al*., 2001; Rantsiou and Cocolin, 2008; Zakpaa *et al*., 2009)

ในอดีตการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อแบบหมักเปรี้ยวเกิดขึ้นโดยธรรมชาติโดยภูมิปัญญาของชาวบ้านในแต่ละประเทศมาตั้งแต่สมัยโบราณเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และนำมาใช้ประโยชน์เพื่อปรับปรุงอาหารทั้งในเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อหมักให้มีคุณภาพดีขึ้น เช่น ไส้กรอกเปรี้ยว ปลาร้า และแหนม (Zhang *et al*., 2010) จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการหมัก คือแบคทีเรียกรดแลกติก (LAB; *Lactobacillus*) และ coagulase-negative cocci (CNC, *Staphylococcus* และ *Kocuria* spp.) (Rantsiou and Cocolin, 2008; Vangpikul and Kansandee, 2014; Wanangkarn *et al*., 2014) จุลินทรีย์กลุ่มแลกติกนี้เกิดขึ้นโดยธรรมชาติโดยอาจมาจากตัวเนื้อสัตว์เองหรือมาจากอุปกรณ์และสิ่งแวดล้อม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตแต่ละครั้งอาจมีรสชาติที่แตกต่างกันไม่คงที่ จึงมีการเก็บเนื้อหมักที่ได้จากการผลิตครั้งก่อนนำไปผสมกับเนื้อและส่วนผสมในการผลิตในครั้งถัดไป (back slopping) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเหมือนครั้งก่อนให้มากที่สุด แต่ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางการวิจัยจึงมีกระบวนการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มแลกติกที่ช่วยในการหมักเนื้อ นำมาผลิตเป็นเชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้น (starter culture) เพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมักเปรี้ยว ซึ่งการใช้เชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้นจะช่วยให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวมากขึ้น สามารถควบคุมกระบวนการหมักได้ดีขึ้น (รุจริน และจุฑารัตน์, 2555; Rantsiou and Cocolin, 2008)

การผลิตในอุตสาหกรรมโดยเฉพาะในต่างประเทศก็มักจะใช้เชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้น เพราะนอกจากจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวแล้วยังเพิ่มความปลอดภัยให้กับผลิตภัณฑ์ในระดับหนึ่ง เนื่องมาจากปริมาณกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ถูกผลิตโดยเชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้นนั้น (Yılmaz and Murat Velgiolu, 2009) สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้นอาจมาจากจุลินทรีย์บริสุทธิ์ประเภทเดียว (pure culture) หรือหลายประเภท (mixed culture) เช่น กลุ่ม *Lactobacillus*, *Pediococcus cerevisea* หรือ *Micrococcus* ในทางการค้าจะมีเชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้นจำหน่ายในรูปของเชื้อแช่แข็ง (frozen) หรือแบบแห้ง (freeze-dried) เชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้นที่ใช้ต้องเป็นเชื้อที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค สามารถสร้างกรดได้อย่างรวดเร็วเพื่อลดเวลาในการผลิตลง และควรมีความสม่ำเสมอในการสร้างกรดอีกด้วย (รุจริน และจุฑารัตน์, 2555)

กระบวนการหมักเนื้อหมักเปรี้ยว

กระบวนการหมักแหนมและไส้กรอกอีสานเกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรียแลคติคโดยระยะแรกของการหมักจะมีแบคทีเรียกรดแลกติกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะสายพันธุ์ที่สร้างกรดได้ดีและเจริญได้ดีในสภาวะที่ไม่มีอากาศหรือมีอากาศน้อย ได้แก่ กลุ่ม homofermentative cocci เช่น *Pediococus cerevisiae*, *P. pentosaceus* และ *P. acidilactici* เติบโตไปพร้อมกับ heterofermentative lactobacilli ได้แก่ *Lactobacillus bravis* และ *Lactobacillus plantarum* เมื่อจุลินทรีย์เกิดการหมักจะทำให้เนื้อหมักมีค่า pH ลดลง สามารถยับยั้งการเจริญและการงอกของสปอร์ของจุลินทรีย์ก่อโรคได้ (วารุณี, 2545; คมแข, 2560; Azam *et al*., 2017)

ในปี พ.ศ. 2556 คมแขรายงานว่า พบเชื้อ *Lactobacillus curvatus* ในแหนมเนื้อโคเนื้อในระหว่างการหมักแบคทีเรียแลกติกในกลุ่ม homofermentative lactobacilli โดยจะใช้น้ำตาลกลูโคสเปลี่ยนเป็นกรดแลกติกทำให้ค่าความเป็นกรดในการผลิตแหนมมากขึ้น (ค่า pH ต่ำลง) ขณะเดียวกันกลุ่ม *Pediococcus* sp. ซึ่งทนกรดได้น้อยจะเจริญช้าลงในระยะนี้ ค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4.5 มีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคบางชนิด เช่น Coliform, *E. coli* และ *Salmonella* spp. ไม่สามารถทนสภาวะความเป็นกรดและตายไปในที่สุด

ในกระบวนการหมักเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกจะส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลง ทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปเนื่องจากโปรตีนตกตะกอน ทำให้เกิดรสชาติ กรด การเกิดสีแดงของเนื้อของสารประกอบไนโตรโซไมโอโกลบิน (nitrosomyoglobin) (Cleveland *et al*., 2001) นอกจากนี้ยังช่วยทำให้เกิดการย่อยสลายไขมัน (lipolysis) มีบทบาทด้านการทำให้เกิดกลิ่นรวมทั้งแบคทีเรียกรดแลกติกบางตัวสามารถผลิตสารยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่นโดยสารที่ผลิตได้นี้ถือว่ามีความปลอดภัยต่อการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น *Lactobacillus sakei* สามารถผลิตสารแบคเทอริโอซิน sakacin A เพื่อยังยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค (คมแข, 2556) นอกจากนี้มีสารยับยั้งที่สร้างโดยแบคทีเรียแลกติกได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการผลิตอาหารหมักของมนุษย์และสัตว์หลายชนิดในแง่ของการถนอมอาหาร ซึ่งเป็นผลมาจากการสร้างกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดแลกติก และอะซิติก ที่ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลง และการสร้างสารยับยั้งจุลินทรีย์อื่น เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไดอะซิทิล และแบคเทอริโอซิน (ศศิวิมล และอดิศร, 2555) สุมณฑา (2545) พบว่าผลิตภัณฑ์เหล่านี้ทำให้เกิดการพัฒนาด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส นอกจากนั้นยังมีบทบาทในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ไม่ต้องการอีกด้วย

Vangpikul and Kansandee (2014) ทำการศึกษาว่าในการหมักผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พื้นบ้านของไทย เช่น แหนมและไส้กรอกเปรี้ยว กลิ่นและรสชาติจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพของวัตถุดิบ สภาวะการบ่ม รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ซึ่งจะมีผลต่อผู้บริโภค ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพคงที่และเกิดประโยชน์ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้บริโภคมากที่สุด ควรมีการปรับปรุงการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติก ในกระบวนการผลิตแทนการใช้แบคทีเรียกรดแลกติกที่มีอยู่ในวัตถุดิบและองค์ประกอบอื่นๆ ในสภาพธรรมชาติ ซึ่งตามปกติเมื่อการตรวจสอบเชื้อในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักจะพบเชื้อ *P. cerevisiae*, *L. plantarum*, *L. brevis* และ *L. leichannii* เป็นส่วนใหญ่

บทบาทของข้าวต่อกระบวนการหมักเนื้อหมักเปรี้ยว

ข้าวประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการหมักให้เจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารหมักมีรสเปรี้ยว ส่วนจะเปรี้ยวมากหรือเปรี้ยวน้อยแล้วแต่ชนิดของผลิตภัณฑ์และระยะเวลาในการหมัก โดยข้าวเป็นสารอาหารหลักที่เหมาะสมแก่การเจริญของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอาหารอย่างรวดเร็วในเนื้อสัตว์หรือผลิตภัณฑ์

คาร์โบไฮเดรทที่ได้จากข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้าสุกในการหมักเนื้อหมักเปรี้ยวจะเป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อให้จุลินทรีย์เปลี่ยนคาร์บอนให้เป็นกรดแลกติก เนื่องจากเนื้อสัตว์มีปริมาณคาร์โบไฮเดรทต่ำหรืออยู่ในภาพที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย ข้าวที่เติมในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักนอกจากจะช่วยในการสร้างกรดแลกติกแล้ว ยังทำให้จุลินทรีย์อื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหมัก เช่น ราและยีสต์เจริญได้ (วารุณี, 2545)

ไส้กรอกอีสาน (E-San Sausage)

ไส้กรอกอีสานหรือไส้กรอกเปรี้ยวเป็นอาหารหมักประเภทเนื้อสัตว์มีต้นกำเนิดจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Sriphochanart and Skolpap, 2011; Vatanyoopaisarn *et al*., 2011) ไส้กรอกอีสาน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ทำจากเนื้อหมู มันหมู ข้าวสุก ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เครื่องเทศและสมุนไพร เช่น น้ำตาลทราย เกลือ กระเทียมบด พริกไทย ผสมให้เข้ากันดี บรรจุในไส้หมูหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ มัดเป็นท่อน ผึ่งไว้ในที่สะอาดและแห้ง จนผลิตภัณฑ์มีรสชาติเปรี้ยว และต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกอีสาน, 2546; Phalakornkule and Tanasupawat, 2006) กระบวนการหมักจะใช้เวลา 3-4 วัน (กานต์ และสุปรียา, 2556; Vatanyoopaisarn *et al.*, 2011) ส่วนประกอบของไส้กรอกอีสานมีความคล้ายคลึงกับแหนม แต่มีข้อแตกต่างเล็กน้อยคือเนื้อที่ใช้ไม่จำเป็นต้องเอาไขมันออก การผสมเนื้อแดงและไขมันขึ้นอยู่กับราคา ถ้าใช้ไขมันต่ำราคาจะสูงขึ้น อัตราส่วนของเนื้อแดงต่อไขมันตั้งแต่ 80:20 จนถึง 50:50 อาจใช้หมูสามชั้นผสมหนังหมูต้มบดหยาบช่วยให้เกาะตัวและลดต้นทุนหรือหมูสามชั้นผสมเนื้อแดง (ประดิษฐ์ และคณะ, 2555)

ดวงพร (2536) ได้รายงานว่าส่วนผสมในการทำไส้กรอกอีสานประกอบด้วย

(1) เนื้อสัตว์และไขมันซึ่งเนื้อสัตว์ต้องเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูงเนื่องจากประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายอีกทั้งให้ลักษณะเนื้อสัมผัส เนื่องจากโปรตีนจะจับกันเป็นก้อน ส่วนโปรตีนไมโอโกลบินซึ่งเป็นสีแดงในเนื้อสัตว์จะเป็นตัวให้สีที่สำคัญในการทำไส้กรอก

(2) กรดไขมันเป็นตัวที่ทำให้เกิดความนุ่ม ชุ่มฉ่ำและให้รสชาติ รวมทั้งทำให้ไส้กรอกมีสีดีขึ้น

(3) ข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนให้จุลินทรีย์ แต่ต้องใช้เวลาในการย่อยสลายรวมทั้งให้คุณค่าทางอาหาร

(4) น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับจุลินทรีย์

(5) ผงชูรสเป็นแหล่งให้ไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) เกลือ กระเทียม และพริกไทย ส่งผลต่อการออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้ออื่นๆ ไม่ให้เจริญแข่งกับแบคทีเรียกรดแลกติก

(7) ไนเตรตและไนไตรท์จะให้สีกับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการรวมตัวของไมโอโกลบินซึ่งเป็นสารสีในเนื้อกับไนตริกออกไซด์ซึ่งแตกตัวมาจากไนไตรท์เป็น nitrosomyoglobin ซึ่งมีสีแดง เมื่อโดนความร้อนจะเปลี่ยนเป็น nitrosohemochrome ซึ่งเป็นสีแดงอมชมพูน่ารับประทาน อีกทั้งยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Clostridium botulinum* และพวกก่อโรคในตระกูล Enterobacteriacaea หลายตัว และสามารถยับยั้งการหืนของไขมันได้

(8) Glucono-delta-lactone (GdL) ในการทำไส้กรอกเปรี้ยวมักเติมลงในส่วนผสมด้วย เพื่อลดอัตราการเน่าเสียของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมา โดยเฉพาะในช่วงแรกของการหมัก สาเหตุที่ทำให้ GdL มีคุณสมบัติดังกล่าวเนื่องจากเมื่อ GdL สัมผัสกับน้ำในส่วนผสมจะทำให้กรด gluconic ทำให้ pH ของส่วนผสมค่อยๆ ลดลง เนื่องจากการลดลงของ pH เหมือนกับการเติมกรดอื่นๆ เช่น กรดแลกติก กรดน้ำส้ม เป็นต้น โดยไม่ทำให้เนื้อสัมผัสเสีย

คณิต และลักขณา (2551) ศึกษาการบรรจุและวิธีการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานที่ถูกวิธีตลอดจนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ การศึกษาผลของอุณหภูมิห้องต่อการเก็บรักษาไส้กรอกอีสาน พบว่า ทั้งไส้กรอกอีสาน และไส้กรอกอีสานทอดเก็บได้ไม่เกิน 1 วัน เนื่องจากลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไปมาก โดยไส้กรอกอีสานที่ไม่ได้แปรรูปมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นจาก 0.36 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) เป็น 0.62 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการหมักไว้ 8 วัน และพบจุลินทรีย์ก่อโรคในทางเดินอาหารทุกชนิดโดยเฉพาะ *Clostridium perfringens* ที่ผลิตสารพิษตกค้างในผลิตภัณฑ์ ยกเว้น *Staphylococcus aureus* ไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในไส้กรอกอีสาน เมื่อบรรจุไส้กรอกอีสานใส่ถุงแล้วควรทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12-24 ชั่วโมง เพื่อให้ไส้กรอกอีสานผลิตกรดให้มีความเปรี้ยวในระดับหนึ่ง เนื่องจากความเปรี้ยวที่เกิดขึ้นจะทำให้จุลินทรีย์ก่อโรคบางชนิดมีจำนวนลดลง และผลของอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ต่อการเก็บรักษาไส้กรอกอีสาน พบว่า สามารถเก็บรักษาไส้กรอกอีสาน และไส้กรอกอีสานทอดได้ไม่เกิน 14 และ 28 วัน โดยมีปริมาณกรด 0.39 เปอร์เซ็นต์ และ 14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวกับการหมักไส้กรอกอีสาน

การหมักไส้กรอกอีสานเป็นการหมักเพื่อให้เกิดกรดแลกติก โดยแบคทีเรียกรดแลกติก (lactic acid bacteria) ที่มีอยู่ตามธรรมชาติรสเปรี้ยวจากกรดแลกติก (lactic acid) ที่แบคทีเรียสร้างขึ้นในช่วงแรกของการหมักเกิดจากเชื้อในกลุ่ม *Lactobacillus* และ *Pediococcus* ได้แก่ *P. sereviseae* ส่วนจุลินทรีย์ในช่วงระยะหลัง คือแบคทีเรียในกลุ่ม *Lactobacillus* เช่น *L. plantarum* และ *L. brevis* ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการหมัก

ความเปรี้ยวของไส้กรอกอีสานขึ้นอยู่กับส่วนผสม อุณหภูมิของการเก็บ และภายหลังการหมักมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ประมาณ 4.5-5.5 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2546; Phalakornkule and Tanasupawat, 2006; Vangpikul and Kansandee, 2014; Wanangkarn *et al.*, 2014) ในระยะแรกของการหมักพบเชื้อ *P. cerevisiae* ที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 37-45 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 4.5-5.6 การหมักระยะต่อมาเนื่องจากอยู่ในสภาพปราศจากอากาศ ทำให้จุลินทรีย์สร้างกรดเพิ่มขึ้นจนเหลือจุลินทรีย์ที่ทนกรดได้ไม่กี่ชนิด เมื่อนำตัวอย่างมาตรวจสอบเชื้อ *Lactobacillus* sp. ในช่วงที่มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นกรดด่างประมาณ 5 หรือต่ำกว่านี้ ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 51-74 เปอร์เซ็นต์ (ประดิษฐ์ และคณะ, 2555)

นอกจากนี้ได้มีรายงานการตรวจพบเชื้อ *Salmonella* sp., *Listeria monocytogenes* และ *S. aureus* ในแหนมและไส้กรอกอีสาน (Visessanguan *et al*., 2006; Chokesajjawatee *et al*., 2009) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อ *S. aureus* เป็นเชื้อที่ทนต่อเกลือไนไตรท์ สามารถสร้างสารพิษที่ทนความร้อนออกมาในอาหารในระหว่างการเจริญเติบโต (González-Fandos *et al*., 1999; Schelin *et al*., 2011; Holck *et al*., 2017) ในขณะเดียวกันข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกอีสานหมู (2546) กำหนดว่าไส้กรอกอีสานต้องตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. ในตัวอย่าง 25 กรัม และ *S. aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน - ไส้กรอกอีสานหมู (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546)

1. บทนิยาม

ไส้กรอกอีสาน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ทำจากเนื้อหมู มันหมู ข้าวสุก ปรุงรสด้วยเครื่อง ปรุงรสเครื่องเทศและสมุนไพร เช่น น้ำตาลทราย เกลือ กระเทียมบด พริกไทย ลูกผักชี ผสมให้เข้ากันดี นวดจนเหนียว บรรจุในไส้หมูหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ มัดเป็นท่อน ผึ่งไว้ในที่สะอาดและแห้งจนเปรี้ยว และต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน

2. คุณลักษณะที่ต้องการ

(1) ลักษณะทั่วไป - ในภาชนะบรรจุเดียวกัน ต้องมีรูปทรงเดียวกัน และมีขนาดใกล้เคียงกัน มีการกระจายตัวของส่วนประกอบที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ มีผิวเรียบ ไม่ฉีกขาด

(2) สี - ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้

(3) กลิ่นรส - ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติที่เกิดจากการหมักและของส่วนประกอบที่ใช้ มีรสเปรี้ยวพอเหมาะ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นเหม็น

(4) ลักษณะเนื้อ – ต้องนุ่มและไม่ร่วน

(5) สิ่งแปลกปลอม - ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วน หรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

(6) วัตถุเจือปนอาหาร

(6.1) ห้ามใช้สีทุกชนิด

(6.2) หากมีการใช้วัตถุเจือปนอาหารให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กำหนดดังต่อไปนี้

(6.3) โซเดียมไนไทรต์หรือโพแทสเซียมไนไทรต์ (คำนวณเป็นโซเดียมไนไทรต์) ต้องไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือถ้าใช้ในรูปของผงเพรก (เกลือ: เกลือไนไตรท์ ในอัตราส่วน 94: 6) ต้องไม่เกิน 2 กรัมต่อเนื้อสัตว์ 1 กิโลกรัม

(6.4) ฟอสเฟตในรูปของโมโน- ได- และโพลิของเกลือโซเดียมหรือโพแทสเซียม อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน (คำนวณเป็น P_2O_5 จากฟอสฟอรัสทั้งหมด) ต้องไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(6.5) โปรตีนต้องไม่น้อยกว่า ร้อยละ 12 โดยน้ำหนักไขมันต้องไม่เกิน ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) การบรรจุ - ให้บรรจุไส้กรอกอีสานในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ผนึกได้เรียบร้อย และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

(8) โปรตีน - ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก

(9) ไขมัน - ต้องไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก

3. จุลินทรีย์ การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

(1) *Salmonella* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

(2) *Staphylococcus aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

(3) *Escherichai coli* โดยวิธี MPN ต้องไม่น้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

(4) ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 cfu ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวไร่สายพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดชุมพร

1. การศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการของข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ ของจังหวัดชุมพร

นำข้าวไร่พื้นเมืองจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ข้าวกล้องพันธุ์ภูเขาทอง เล็บนก เล็บมือนาง ดอกพะยอม ดอกขาม นางดำ สามเดือน แม่ผึ้ง กาดำต้นดำ การดำต้นเขียว และข้าวขาวสามเดือน ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ที่บริษัท Betagro Science center เพื่อที่จะนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวไร่ที่เหมาะสมมาผลิตไส้กรอกอีสานต่อไป โดยมีรายละเอียดของการวิเคราะห์ดังนี้

1.1 ความชื้น (Moisture) โดยวิธี AOAC. (2012) 945.39

1.2 เถ้า (Ash) โดยวิธี AOAC. (2012) 923.03

1.3 โปรตีน (Protein) โดยวิธี Inhouse Method: TI-C00-016 based on ISO 5983-2: 2005

1.4 ไขมัน (Fat) โดยวิธี Inhouse Method: TI-C00-015 based on AOAC. (2012) 920.39

1.5 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) โดยวิธี Compendium of method for food analysis (2003), food composition and nutrition labeling chapter, p. 2-9

1.6 พลังงาน (Energy) โดยใช้วิธี Compendium of method for food analysis (2003), food composition and nutrition labeling chapter, p. 2-9

2. การศึกษาคุณสมบัติการให้ฤทธิ์ของการเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ของข้าวไร่แต่ละพันธุ์

วางแผนการทดลองแบบ 2×8 Factorial in Completely Randomized Design ทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ โดยกำหนดให้ปัจจัยแรก คือ ข้าวดิบและข้าวหุงสุก ปัจจัยที่สอง คือ สายพันธุ์ข้าว ซึ่งข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 5 สายพันธุ์ ประกอบด้วย ข้าวขัดขาวสามเดือน ข้าวกล้องสามเดือน ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม ข้าวกล้องดอกข่า และข้าวกล้องสังข์หยด และศึกษาเปรียบเทียบกับข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป 2 ยี่ห้อ

2.1 การเตรียมสารสกัดของข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้

1) การสกัดข้าวดิบ ตามวิธีการดัดแปลงจาก ณิชากร (2558)

ทำการสกัดข้าวโดยนำตัวอย่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด ชั่งตัวอย่าง จำนวน 10 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วสีชา ทำการสกัดโดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ปริมาตร 90 มิลลิลิตร (w/v) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เมื่อครบระยะเวลานำสารสกัดที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วเก็บสารสกัดที่อยู่ในรูปของสารละลายใส่ในขวดสีชาที่มีฝาปิด เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การสกัดข้าวหุงสุก ตามวิธีการดัดแปลงจาก อรอนงค์ (2547)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างข้าวแต่ละสายพันธุ์ จำนวน 4 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองและใส่น้ำปริมาตร 12 มิลลิลิตร นำข้าวไปหุงต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที รอจนข้าวสุก จากนั้นนำตัวอย่างจำนวน 10 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วสีชาทำการสกัดโดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ปริมาตร 90 มิลลิลิตร (w/v) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วเก็บสารสกัดที่อยู่ในรูปของสารละลายใส่ในขวดสีชาที่มีฝาปิด เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2.2 การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Free radical scavenging assay)

1) ค่า 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging capacity (DPPH) radical scavenging activity

นำสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกที่ความเข้มข้น 10% เจือจางให้มีความเข้มข้น 8, 6, 4 และ 2% จากนั้นใส่สารสกัดแต่ละความเข้มข้นลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 0.1 mM DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ตามวิธีการของ Ebrahimzadeh *et al.* (2010) ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยใช้ Ascorbic acid และ BHT เป็นสารมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบ และนำไปคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \frac{[(A_A - A_B) - (A_C - A_D)] \times 100}{(A_A - A_B)}$$

โดยกำหนดให้

A_A = ค่าดูดกลืนแสงของ DPPH ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับสารสกัด

A_B = ค่าดูดกลืนแสงของเอทานอล

A_C = ค่าดูดกลืนแสงของ DPPH ที่ทำปฏิกิริยากับสารสกัด

A_D = ค่าดูดกลืนแสงของสารสกัดในเอทานอล

ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันจะแสดงเป็นค่า half maximal inhibition concentration (IC_{50}) คือ ความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% โดยสร้างกราฟเส้นตรงระหว่างค่า $\log_{10}$ ของความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (แกน x) กับ % lethality (แกน y) คำนวณโดยแทนค่า y = 50 ลงในสมการกราฟเส้นตรง จะหาได้ค่า x และ antilog x จะเป็นค่า IC_{50} และรายงานผลเป็นค่า IC_{50}

2) ค่า 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical cation scavenging activity

เตรียมสารละลาย $K_2O_8S_2$ ความเข้มข้น 2.45 mM กระตุ้น ABTS ความเข้มข้น 7 mM ให้เปลี่ยนเป็น $ABTS^{\bullet+}$ cation radical ซึ่งมีสีเขียวอมฟ้า โดยทำปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลานาน 12-16 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลาย $ABTS^{\bullet+}$ ที่ได้มาเจือจางในเอทานอลและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ให้มีค่าเท่ากับ 0.70±0.02 ก่อนใช้งานทุกครั้ง นำสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกที่ความเข้มข้น 10% เจือจางให้มีความเข้มข้น 8, 6, 4 และ 2% จากนั้นใส่สารสกัดแต่ละความเข้มข้นลงในหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลอง ปริมาตร 300 ไมโครลิตร และเติมสารละลาย ABTS ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ตามวิธีการของ Re *et al.* (1999) ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และนำไปคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS โดยใช้เควอซิติน (Quercetin) เป็นสารมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบ

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = \frac{[(A_A - A_B) - (A_C - A_D)] \times 100}{(A_A - A_B)}$$

โดยกำหนดให้

A_A = ค่าดูดกลืนแสงของ $ABTS^+$ ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับสารสกัด

A_B = ค่าดูดกลืนแสงของเอทานอล

A_C = ค่าดูดกลืนแสงของ $ABTS^+$ ที่ทำปฏิกิริยากับสารสกัด

A_D = ค่าดูดกลืนแสงของสารสกัดในเอทานอล

ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันจะแสดงเป็นค่า half maximal inhibition concentration (IC_{50}) คือ ความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% โดยสร้างกราฟเส้นตรงระหว่างค่า log_{10} ของความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (แกน *x*) กับ % lethality (แกน y) คำนวณโดยแทนค่า y = 50 ลงในสมการกราฟเส้นตรง จะหาได้ค่า x และ antilog x จะเป็นค่า IC_{50} และรายงานผลเป็นค่า IC_{50}

3) ค่า Reducing power

นำสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกที่ความเข้มข้น 10% เจือจางให้มีความเข้มข้น 8, 6, 4 และ 2% จากนั้นใส่สารสกัดแต่ละความเข้มข้นลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 200 mM phosphate buffer (pH 6.6) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และสารละลาย 1% potassium ferriccyanide ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เติมสารละลาย 10% trichloroacetic acid (TCA) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 3,000 รอบต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดสารละลายส่วนใส ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และเติม 0.1% $Fecl_3$ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 นาโนเมตร ตามวิธีการของ Siddhuraju *et al.* (2002) ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ใช้วิตามินซีเป็นสารมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบ

ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันจะแสดงเป็นค่า half maximal effective concentration (EC_{50}) คือ ความเข้มข้นของสารที่มีประสิทธิภาพกระตุ้นการต้านอนุมูลอิสระได้ 50% ของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด โดยสร้างกราฟเส้นตรงระหว่างค่า log_{10} ของความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (แกน x) กับ % Lethality (แกน y) คำนวณโดยแทนค่า y = 0.5 ลงในสมการกราฟเส้นตรง จะหาได้ค่า x และ antilog x จะเป็นค่า EC_{50} และรายงานผลเป็นค่า EC_{50}

4) ค่า Total phenolic content

นำสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกที่ความเข้มข้น 10% ใส่ในหลอดทดลอง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร เติม Folin Ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และสารละลาย 7.5% Na_2CO_3 ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 6,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วัดค่าการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร ตามวิธีการของ Ebrahimzaded *et al.* (2008); Nabavi *et al.* (2008) ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยเปรียบเทียบจากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก มีหน่วยวัดเป็นมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 100 กรัม (mg GAE/100 g sample; GAE = Gallic acid Equivalent)

3. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีในข้าวไร่

3.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินอี

3.1.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินอีเข้มข้น (stock solution) 1,000 ppm

ชั่งวิตามินอี (แอลฟา – โทโคฟีรอล) น้ำหนัก 0.25 กรัม โดยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ละลายด้วย methanol จนได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร จะได้ stock solution 1,000 ppm

3.1.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน (standard solution) เพื่อทำ calibration curve

เตรียมสารละลายมาตรฐานโดยการเจือจางจาก stock solution 1,000 ppm ของวิตามินอี ทำให้ได้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน เป็น 20, 40, 60, 80 และ 100 ppm ด้วย methanol ปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร

3.2 การสกัดวิตามินอีออกจากตัวอย่างข้าวแต่ละพันธุ์

3.2.1 เตรียมตัวอย่างโดยการนำตัวอย่างข้าวที่บดด้วยเครื่องบดละเอียดเรียบร้อยแล้ว มา 2.000 กรัม (ชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่หลอดเซนตริฟิวส์ ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.2 เติม methanol ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและเขย่า เป็นเวลา 15 นาที

3.2.3 นำตัวอย่างไปสกัดด้วย เครื่อง ultrasonic bath เป็นเวลา 30 นาที

3.2.4 ทำการ centrifuge ตัวอย่างที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที และดูดส่วนสารละลายใสใสในขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วย สารละลาย methanol

3.2.5 กรองตัวอย่างที่สกัดได้ด้วย แผ่นกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร ลงใน vial ขนาด 1 มิลลิลิตร และนำไปวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี ที่ได้จาการสกัดตัวอย่างด้วยเครื่อง HPLC (หากสกัดแล้วยังไม่ได้ทำการวิเคราะห์ในทันที ให้เก็บไว้ในที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส)

3.3 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีในข้าวไร่

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีในข้าวไร่แสดงในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดง Experimental parameters ที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีในข้าวไร่

Mobile phase	100% Methanol
Column	Inertsil ODS – 3 (5µm, 4.6 x 250 mm)
Injection volume	20 µl
Flow rate	1.0 ml/min
Wavelength	295 nm
Run time	10 min

4. การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในข้าวไร่

การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในข้าวไร่จะทำการย่อยตัวอย่างข้าวไร่แต่ละชนิด จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectroscopy ดังวิธีการต่อไปนี้

1. บดตัวอย่างให้ละเอียดแล้วนำไปชั่ง 0.5 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. เติมไนตริกเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์ (HNO_3) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วแกว่งขวดรูปชมพู่ให้ตัวอย่างชุ่มด้วยสารละลาย
3. ทำการย่อยบนเตาให้ความร้อน (hot plate) ซึ่งเปิดไว้ที่อุณหภูมิต่ำหลังจากนั้น 5 นาที จึงค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิของเตาให้มีความร้อนปานกลาง
4. ทำการย่อยจนกระทั่งไม่มีควันสีน้ำตาลเกิดขึ้น
5. ยกขวดรูปชมพู่ลง ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องหลังจากนั้นเติมกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น 70-72 เปอร์เซ็นต์ ($HClO_4$) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร
6. นำขึ้นย่อยต่อบนเตาให้ความร้อนโดยใช้อุณหภูมิปานกลางทำการย่อยจนกระทั่งสารละลายในขวดรูปชมพู่มีสีใส (clear) มีควันสีขาวเกิดขึ้นและระเหยไปส่วนใหญ่
7. นำขวดรูปชมพู่ลงจากเตาให้ความร้อนแล้วตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
8. ถ่ายสารละลายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
9. นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณของแร่ธาตุทองแดง เหล็ก แมกนีเซียม แคลเซียม สังกะสี แมงกานีส โพแทสเซียม และโซเดียม ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectroscopy (AAS) (Hitachi, Japan)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้ข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ ในการผลิตไส้กรอกอีสานต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส

1. การผลิตไส้กรอกอีสาน

วัตถุดิบเนื้อสัตว์และส่วนผสมอื่นๆ ที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสานอ้างอิงตามวิธีการดัดแปลงจาก จุฑารัตน์และพรรณิภา (2555) โดยมีส่วนผสมหลักดังตารางที่ 3.2 คือ เนื้อสุกรส่วนสะโพก ร้อยละ 50 มันสุกร ร้อยละ 35 และข้าวสุก ร้อยละ 15 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกอีสานมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้ นำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อสุกรและมันแข็งสุกรมาบดหยาบ นวดเนื้อสุกรกับผงเพรกและเกลือแกงให้เข้ากัน จากนั้นใส่มันหมูกับข้าวสุกแล้วนวดให้เข้ากัน เติมเครื่องปรุงอื่นแล้วนวดผสมให้เข้ากัน บรรจุส่วนผสมลงในไส้สุกร (ขนาด 28 มิลลิเมตร จาก บริษัท บี.โอ.ที. จำกัด) มัดเป็นท่อนๆ แต่ละท่อนยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ทำการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ สำหรับการผลิตไส้กรอกอีสานจะใช้เลือกข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้โดยเป็นข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพร จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์นางดำและดอกขาม และข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของภาคใต้อีก 1 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ดอกข่า เปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป 1 ยี่ห้อ และไส้กรอกอีสานทางการค้า 1 ยี่ห้อ โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1) ใช้ไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ A
2) ใช้ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ B
3) ใช้ข้าวกล้องนางดำ
4) ใช้ข้าวกล้องดอกขาม
5) ใช้ข้าวกล้องดอกข่า

ตารางที่ 3.2 สูตรการผลิตไส้กรอกอีสาน ปริมาณ 4 กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กรัม)
สะโพกหมู	2,000
มันหมู	1,400
ข้าวสุก (ข้าวไร่แต่ละสายพันธุ์)	600
ผงเพรก	40
เกลือแกง	20
เกลือฟอสเฟต	12
อิริโทรเบต	4
น้ำตาลทราย	20
ผงชูรส	10
กระเทียม	200
พริกไทย	16

ที่มา: ดัดแปลงจาก จุฑารัตน์และพรรณิภา (2555)

2. คุณสมบัติทางด้านกายภาพ

- ค่าสี (CIE L*, a* และ b*)

สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานกลุ่มการทดลองละ 1 ชิ้น ทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี HunterLab Mini Scan EZ 4000L (Hunter Lab Inc, Reston, VA, USA) ที่ผิวสัมผัสด้านนอก แสดงผลเป็นค่า L* (Lightness), a* (Redness) และ b* (Yellowness) แต่ละตัวอย่างจะทำการวัดค่า 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าความสดใส (Chroma) และค่าองศาของสี (Hue angle)

การวิเคราะห์ค่าความสดใส (Chroma) และค่าองศาของสี (Hue angle) คำนวณตามวิธีการของ Ledesma *et al.* (2016) โดยนำค่า L* (Lightness), a* (Redness) และ b* (Yellowness) ที่ทำการวัดด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter Mini Scan EZ 4000L (Hunter Lab Inc, Reston, VA, USA) มาใช้สำหรับคำนวณหาค่าความสดใส (Chroma) (1) และ Hue angle (2) จากสูตร ดังนี้

$$\text{Chroma} = (b^{*2}/a^{*2}) \quad (1)$$

$$\text{Hue angle} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (2)$$

- ค่าการสูญเสียน้ำหนัก (% Weight loss)

ค่าการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานถูกคำนวณเป็นร้อยละของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานก่อนเก็บรักษาเป็นน้ำหนักเริ่มต้น (W_1) และชั่งน้ำหนักสุดท้ายของกระบวนการหมัก (W_2) ตามวิธีการของ Gharibzahedi and Mohammadnabi (2017) ทำการบันทึกผลจากตัวอย่าง จำนวน 3 ซ้ำ คำนวณหาค่าร้อยละการสูญเสียน้ำที่ออกมาระหว่างกระบวนการหมักได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{Weight loss (\%)} = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W_1}$$

- ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture profile analysis, TPA)

การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน Texture profile analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Instron model 1011 (Calibration Laboratory, USA) ทำการวัดตัวอย่างด้วยหัววัดแบบกด (compression) ตามวิธีการของ Sucu and Turp (2018) โดยตัดไส้กรอกอีสานให้ได้ขนาด 1×1×1 เซนติเมตร จำนวน 10 ชิ้น แต่ละตัวอย่างทดลองจะทำการวัดค่า 10 ครั้ง เป็นการวัดค่าแรงที่ใช้กดลงบนตัวอย่างขนาดมาตรฐาน 2 ครั้ง โดยทำการบีบไส้กรอกอีสานที่จะทำการประเมินเป็นแท่งทรงกระบอก โหลดเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่า 500 นิวตัน กำหนดให้การวัดค่าของตัวอย่างถูกกดลงไปเป็นระยะทางร้อยละ 40 ของความสูงตัวอย่าง บันทึกค่าความแข็ง (Hardness, N) ค่าความเหนียวคล้ายยาง (Gumminess, N) ค่าการเกาะตัวกัน (Cohesiveness, ratio) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio) และค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, Nmm) ซึ่งค่าความยืดหยุ่น คำนวณได้จาก Length 2/Length 1 (ratio) และค่าความยากในการเคี้ยวคำนวณได้จากค่า springiness × gumminess (Nmm)

3. คุณสมบัติทางด้านเคมี

- ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

ทำการวัดค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน ด้วยเครื่อง pH meter (Mettler Toledo model SG-2, Switzerland) ตามวิธีการของ AOAC (1984) โดยใช้หัว โพรบทิ่มลงบนผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานโดยตรง จำนวน 3 จุด ซึ่งเป็นการวัดค่าความเป็นกรดด่าง จำนวน 3 ซ้ำ

- ค่าปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity)

ทำโดยสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานมาทำการชั่งน้ำหนัก จำนวน 2 กรัม ใส่ในหลอด Centrifuge tube ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮอโมจิไนเซอร์ (Untra tarrax model T25 digital, Germany) ที่ความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Jouan, CR3i, France) ที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 5 นาที นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอฟทาลีนลงไปตัวอย่างละ 3-5 หยด นำส่วนใสที่ได้มาไทเตรทด้วย 0.1 N NaOH จนถึงจุดยุติ (สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน) ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Friedrich (2001) และนำมาคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดจากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด} = \frac{N \times V \times 90.01 \times 100}{1000 \times \text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH
V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH ที่ใช้

- ค่า Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS)

การศึกษาค่าการออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน ตามวิธีการดัดแปลงจาก Mielnik *et al.* (2006); Loypimai *et al.* (2017) โดยสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานจำนวน 10 กรัม ใส่ในหลอด centrifugal tube ขนาด 50 มิลลิลิตร ใส่สารละลาย 7.5% trichloroacetic acid ปริมาตร 30 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่องฮอโมจิไนเซอร์ (Untra tarrax model T25 digital, Germany) ที่ความเร็วรอบ 9,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 1 นาที นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Jouan, CR3i, France) ที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นนำสารละลายส่วนใส ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง แล้วเติมสารละลาย 0.02 M 2-thiobarbituric acid (TBA) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำส่วนผสมดังกล่าวไปให้ความร้อนในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ทำให้เย็นโดยการเปิดน้ำไหลผ่านเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำละลายส่วนใสไปทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร ทำการวัดผล 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณความเข้มข้นของ TBARS ที่ได้โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP) และคำนวณค่า TBARS ที่แสดงในหน่วย mg MDA/kg sample

4. คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์

- แบคทีเรียกรดแลกติก (Lactic acid bacteria)

ตรวจวิเคราะห์หาเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกโดยวิธีการที่อ้างอิงจาก AOAC (2006) ทำโดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานจำนวน 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีด้วยเครื่องตีป่นไฟฟ้าเป็นเวลา 60 วินาที จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร MRS Agar ที่เติม 0.5% calcium carbonate ($CaCO_3$) ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ ใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมาทำการ Spread plate technique ที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ภายใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะที่ไม่มีอากาศ จากนั้นนับจำนวนโคโลนีที่มีบริเวณใส (clear zone) รอบๆโคโลนี รายงานผลจำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกเฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

- ยีสต์ และรา (Yeast and Mold)

ตรวจวิเคราะห์หายีสต์และราโดยวิธีการที่อ้างอิงจาก AOAC (2005) โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานจำนวน 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีด้วยเครื่องตีป่นไฟฟ้าเป็นเวลา 60 วินาที จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000 และ 1:10000 เป็นต้น) ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Malt agar ที่เติมกรดแลกติกความเข้มข้น 80% ปริมาตรจานละ 15-20 มิลลิลิตรโดยวิธี Pour plate technique ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน จากนั้นนับจำนวนยีสต์และรา โดยรายงานผลจำนวนยีสต์และรา เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนีหน่วยเป็น log cfu/g

- Coliform และ *E.coli*

ตรวจวิเคราะห์หาเชื้อ Coliform และ *E. coli* โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Chromocult coliform agar โดยวิธีการที่อ้างอิงจาก AOAC (2006) โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานจำนวน 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีด้วยเครื่องตีป่นไฟฟ้าเป็นเวลา 60 วินาที จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Chomocult coliform agar ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ ใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมาทำการ Spread plate technique ที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โคโลนีที่มีสีชมพูแสดงว่าเป็น Coliform bacteria ส่วนโคโลนีสีม่วงน้ำเงินแสดงว่าเป็นเชื้อ *E. coli* รายงานผลจำนวน Coliform bacteria เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g จากนั้นทดสอบเพื่อยืนยันว่าเป็นเชื้อ *E. coli* โดยทำการสุ่มโคโลนีสีม่วงน้ำเงินเขี่ยลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptophan Broth บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารละลาย Kovac จำนวน 0.2-0.3 มิลลิลิตร ถ้าให้ผลบวก จะปรากฏสีแดงที่ส่วนบนของ Tryptophan Broth

- Staphylococcus aureus

ตรวจวิเคราะห์หาเชื้อ *S. aureus* ตามวิธีการของ BAM (2016) โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานจำนวน 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีด้วยเครื่องตีป่นไฟฟ้าเป็นเวลา 60 วินาที จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000 และ 1:10000 เป็นต้น) ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Baird-Parker agar ที่เติม 1% Potassium tellurite และไข่แดง ปริมาตรจานละ 15-20 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ ใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมาทำการ Spread

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

plate technique ที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนเชื้อ *S. aureus* ที่มีลักษณะกลมนูน สีดำเป็นมัน ผิวเรียบ ขอบขาว มีตะกอนขุ่นรอบๆโคโลนี รายงานผลจำนวนเชื้อ *S. aureus* เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g จากนั้นทดสอบเพื่อยืนยันว่าเป็น *S. aureus* โดยวิธีการ slide coagulase test เป็นการทดสอบเอนไซม์ coagulase แบบ bound form ทำโดยหยด Rabbit plasma 1 หยด ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนสไลด์ที่ทำความสะอาดแล้ว จากนั้นเขี่ยเชื้อที่ต้องการทดสอบ 1 loop ผสมให้เข้ากันแล้วทำการ smear สังเกตการเกิดเส้นใยบนสไลด์ ผลบวกจะพบการเกาะกลุ่ม (agglutination) ของเชื้อ ส่วนผลลบจะไม่มีการเกาะกลุ่ม

- *Salmonella* spp.

ตรวจวิเคราะห์หาเชื้อ *Salmonella* spp. ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานตามวิธีการของ BAM (2007) โดยสุ่มตัวอย่าง 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่อาหาร Tryptic Soy Broth (TSB) ปริมาตร 225 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Tetrathionate Broth (TTB) + Iodine solution และ Selenite Cystrine Broth (SCB) นำหลอดเพาะเลี้ยงเชื้อบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อลงในอาหาร Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) agar และ Sallmonella-Shigella (SS) agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตลักษณะโคโลนีสีน้ำเงินขียวและตรงกลางมีสีดำ กลม นูน ผิวเรียบเป็นมัน อาจพบจุดหรือไม่พบจุดตรงกลาง นำโคโลนีไปทำการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีโดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อโคโลนีที่สงสัยไปเพาะในอาหาร Triple sugar Iron (TSI) Agar slant และ Lysine-Indole-Motility (LIM) medium บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดูผลปฏิกิริยาทางชีวเคมีในหลอด TSI agar slant และ LIM medium

5. วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส (chewiness and hardness) กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ numerical hedonic scale และ rating scale (Stone and Sidel, 2004)

ทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานดิบโดยให้ผู้บริโภคประเมินคุณภาพสี และความชอบโดยรวมที่มีต่อลักษณะปรากฏด้วยสายตา โดยตัวอย่างจะถูกระบุด้วยตัวเลขแบบสุ่ม (random number) ส่วนผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานสุก ทดสอบ 6 ลักษณะ ได้แก่ สี ลักษณะปรากฏ กลิ่นเปรี้ยว รสชาติเปรี้ยว ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีผู้ทดสอบชิมเป็นอาจารย์ บุคลากร และนักศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 50 คน ในการทดสอบจะเสิร์ฟตัวอย่างผลิตภัณฑ์ครั้งละ 5 ตัวอย่าง จำนวน 2 ครั้ง โดยเว้นระยะเวลาในการชิมเป็นเวลา 20 นาที ตัวอย่างจะถูกระบุด้วยตัวเลขแบบสุ่ม (random number) ผู้ทดสอบได้รับคำแนะนำให้กลั้วปากด้วยน้ำดื่มก่อนชิมตัวอย่างแรก และก่อนชิมตัวอย่างถัดไป ควรเคี้ยวขนมแครกเกอร์ที่เตรียมไว้ ตามด้วยการกลั้วปากด้วยน้ำดื่มอีกเล็กน้อยเพื่อชะล้างกลิ่นรสของตัวอย่างในปาก ทำการประเมินด้วยวิธี Consumer test โดยการให้คะแนนความชอบ 7 ระดับ (7-Point hedonic scale) ตามวิธีการของ Meilgaard *et al.* (1987) มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1-7 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	หมายถึง	ไม่ชอบมากที่สุด
2	หมายถึง	ไม่ชอบมาก
3	หมายถึง	ไม่ชอบ
4	หมายถึง	เฉยๆ
5	หมายถึง	ชอบ
6	หมายถึง	ชอบมาก
7	หมายถึง	ชอบมากที่สุด

6. วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การเตรียมสารสกัดจากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเพื่อวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานไปอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำมาบดให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องบดสับพร้อมโถผสมอาหาร (Moulinex chopper DPA144, Thailand) ทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กรัม ใส่ในหลอด centrifugal tube ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 15 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่องฮอโมจิไนเซอร์ (Untra tarrax model T25 digital, Germany) ที่ความเร็วรอบ 7,900 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นเติมสารละลายคลอโรฟอร์ม (Chloroform) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมสารละลายให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลายในหลอดทดลอง (Vortex Mixer KMC-1300V, Korea) และนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Jouan, CR3i, France) ที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 15 นาที จะได้สารละลายส่วนใส (supernatant) 20% และนำไปวิเคราะห์ค่า DPPH, $ABTS^{\bullet+}$, Reducing power และ Total phenolic content ตามวิธีการดัดแปลงจาก Jung *et al.* (2010)

- ค่า 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging capacity (DPPH) radical scavenging activity

ตรวจวิเคราะห์ค่า DPPH ตามวิธีการดัดแปลงจาก Qwele *et al.* (2013); Chen *et al.* (2015) โดยเจือจางสารสกัดตัวอย่างให้มีความเข้มข้น 10% ดูดสารละลายตัวอย่างลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.2 mM DPPH ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปเก็บบ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารละลายส่วนใสวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ทำการวัดผล 3 ซ้ำ นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = [1-(A_{Sample}- A_{Blank})/A_{Control}]\times 100$$

โดยกำหนดให้

A_{Sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดที่ทำปฏิกิริยากับ DPPH

A_{Blank} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอลที่ทำปฏิกิริยากับสารสกัด

$A_{Control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำกลั่นที่ทำปฏิกิริยากับ DPPH

- ค่า 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical cation scavenging activity

เตรียมสารละลาย potassium persulfate ($K_2O_8S_2$) ความเข้มข้น 2.45 mM กระตุ้น ABTS ความเข้มข้น 7 mM ให้เปลี่ยนเป็น $ABTS^{\bullet+}$ cation radical ซึ่งมีสีเขียวอมฟ้า โดยทำปฏิกิริยาในที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มืดเป็นเวลานาน 12-16 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลาย $ABTS^{\bullet+}$ ที่ได้มาเจือจางในเอทานอล และวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ให้มีค่าเท่ากับ 0.70 ± 0.02 ก่อนใช้งานทุกครั้ง จากนั้นเจือจางสารสกัดให้มีความเข้มข้น 10% แล้วดูดสารละลายตัวอย่างลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 300 ไมโครลิตร เติมสารละลาย $ABTS^{\bullet+}$ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ตามวิธีการดัดแปลงจาก Re *et al.* (1999); Shirwaikar *et al.* (2006) ทำการวัดผล 3 ซ้ำ และนำไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ $ABTS^{\bullet+}$

$$\text{ABTS radical cation scavenging activity (\%)} = [1- (A_{Sample}- A_{Blank})/A_{Control}]\times 100$$

โดยกำหนดให้

A_{Sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดที่ทำปฏิกิริยากับ $ABTS^{+}$

A_{Blank} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอลที่ทำปฏิกิริยากับสารสกัด

$A_{Control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำกลั่นที่ทำปฏิกิริยากับ $ABTS^{+}$

- **ค่า Reducing power**

ตรวจวิเคราะห์ค่า Reducing power ตามวิธีการดัดแปลงจาก Shahdadi *et al.* (2015); Vijayalakshmi and Ruckmani (2016) โดยเจือจางสารสกัดตัวอย่างให้มีความเข้มข้น 10% แล้วดูดสารละลายตัวอย่างลงในหลอดทดลองปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 0.2 M phosphate buffer (pH 6.6) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และสารละลาย 1% $K_3[Fe(CN)_6]$ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเติมสารละลาย 10% TCA ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร นำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นดูดสารละลายส่วนใสปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร และ 0.1% $FeCl_3$ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมเข้าให้กัน และบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ทำการวัดผล 3 ซ้ำ และรายงานผลเป็นค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

- **ค่า Total phenolic content**

ตรวจวิเคราะห์ค่า Total phenolic content ตามวิธีการดัดแปลงจาก Alvarez-Parrilla *et al.* (2014) โดยเจือจางสารสกัดตัวอย่างให้มีความเข้มข้น 10% และดูดสารละลายตัวอย่างลงในหลอดทดลองปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร เติมสาร Folin Ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และสารละลาย 7.5% Na_2CO_3 ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมงในที่มืด จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยเปรียบเทียบจากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก มีหน่วยวัดเป็นมิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักไส้กรอก 100 กรัม (mg GAE/100 g sample; GAE = Gallic acid equivalent)

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) วิเคราะห์ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SAS (Statistical Analysis Systems Institute, 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวไร่สายพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดชุมพร

1.1 การศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการของข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ ของจังหวัดชุมพร

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวไร่พื้นเมืองจังหวัดชุมพร จำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องพันธุ์ภูเขาทอง เล็บนก เล็บมือนาง ดอกพะยอม ดอกขาม นางดำ สามเดือน แม่ผึ้ง กาดำ ต้นดำ กาดำต้นเขียว และข้าวขาวสามเดือน พบว่าข้าวไร่พันธุ์ที่มีความชื้น คาร์โบไฮเดรต พลังงาน โปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงสุด คือ ข้าวกล้องพันธุ์แม่ผึ้ง นางดำ เล็บนก กาดำต้นดำ สามเดือน และเล็บมือนาง โดยมีค่าเท่ากับ 15.10 กรัม/100 กรัม, 75.52%, 354.94 กิโลแคลอรี/100 กรัม, 11.22 กรัม/100 กรัม, 2.75 กรัม/100 กรัม และ 1.64 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1

ส่วนข้าวไร่พันธุ์ที่มีความชื้น คาร์โบไฮเดรต พลังงาน โปรตีน ไขมัน และเถ้าต่ำสุด คือ ข้าวกล้องดอกขาม ข้าวกล้องกาดำต้นดำ ข้าวกล้องแม่ผึ้ง ข้าวกล้องนางดำ ข้าวขาวสามเดือน และข้าวกล้องเล็บนก โดยมีค่าเท่ากับ 13.09 กรัม/100 กรัม, 70.35%, 346.54 กิโลแคลอรี/100 กรัม, 7.72 กรัม/100 กรัม, 2.11 กรัม/100 กรัม และ 0.63 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพร

พันธุ์ข้าวไร่	ความชื้น (g/100g)	คาร์โบไฮเดรต (%)	พลังงาน (Kcal/100g)	โปรตีน (g/100g)	ไขมัน (g/100g)	เถ้า (g/100g)
ข้าวกล้องภูเขาทอง	13.20	74.27	354.10	8.63	2.50	1.40
ข้าวกล้องเล็บนก	13.51	75.12	354.94	8.44	2.30	0.63
ข้าวกล้องเล็บมือนาง	13.89	73.24	349.98	8.81	2.42	1.64
ข้าวกล้องดอกพะยอม	13.75	75.16	353.45	8.23	2.21	0.65
ข้าวกล้องดอกขาม	13.09	74.98	352.64	8.14	2.24	1.55
ข้าวกล้องนางดำ	13.21	75.52	352.22	7.72	2.14	1.41
ข้าวกล้องสามเดือน	14.23	71.72	352.63	10.25	2.75	1.05
- ข้าวขาวสามเดือน	14.44	73.04	349.71	9.64	2.11	0.77
ข้าวกล้องแม่ผึ้ง	15.10	72.10	346.54	9.18	2.38	1.24
ข้าวกล้องกาดำต้นดำ	13.92	70.35	349.86	11.22	2.62	1.21
ข้าวกล้องกาดำต้นเขียว	13.72	71.65	353.75	10.96	2.59	1.08

1.2 การศึกษาคุณสมบัติการให้ฤทธิ์ของการเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ของข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ ของจังหวัดชุมพร

ผลการศึกษาคุณสมบัติการให้ฤทธิ์ของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวไร่พื้นเมืองจังหวัดชุมพร จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวขัดขาวสามเดือน ข้าวกล้องสามเดือน ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม ข้าวกล้องดอกข่า และข้าวกล้องสังข์หยด เมื่อทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยวิธีต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.1 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้

1.2.1.1 ค่า 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging capacity (DPPH) radical scavenging activity

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เพื่อหา % การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดข้าวที่ความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นคำนวณหา % การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้นมากขึ้น สารสกัดจะมีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งรายงานผลเป็นค่า IC_{50} (ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถดักจับอนุมูลอิสระ DPPH ให้มีปริมาณลดลง 50%) (ตารางที่ 4.2) พบว่าฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูล DPPH ของสารสกัดข้าวมีฤทธิ์เพิ่มขึ้นเมื่อสารสกัดข้าวมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น โดยสารสกัดข้าวดิบของข้าวกล้องดอกขามมีฤทธิ์ในการยับยั้งต่ำสุด (IC_{50} = 0.572%) รองลงมาคือ ข้าวกล้องดอกข่า ข้าวกล้องสังข์หยด ข้าวกล้องสามเดือน ข้าวกล้องนางดำ และข้าวขัดขาวสามเดือน (IC_{50}= 1.088, 1.464, 1.701, 1.983 และ 2.369% ตามลำดับ)

ส่วนสารสกัดข้าวหุงสุก พบว่าข้าวกล้องดอกขามมีฤทธิ์ในการยับยั้งต่ำที่สุด (IC_{50} = 2.097%) รองลงมาคือข้าวกล้องดอกข่า ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องสามเดือน ข้าวกล้องสังข์หยด และข้าวขัดขาวสามเดือน (IC_{50} = 4.159, 4.933, 5.338, 6.748 และ 8.561% ตามลำดับ) สำหรับข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ A และ B ของสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกที่ทำการสกัดที่ 10% พบว่าไม่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยมีค่าน้อยกว่าที่ตรวจสอบได้ และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Butylated hydroxytoluene (BHT) และ Ascorbic acid มีค่า IC_{50} = 0.0025 และ 0.0003% ตามลำดับ โดยสารที่มีคา IC_{50} น้อยแสดงว่าสารนั้นมีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระได้ดี

จากการทดลองเห็นได้ว่าสารสกัดข้าวดิบมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าข้าวหุงสุกอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อข้าวได้ผ่านความร้อนจะทำให้อนุมูลอิสระลดลงจึงต้องใช้ความเข้มข้นของสารสกัดที่สูงขึ้น (ศรัณย์ และคณะ. 2555) ในทางตรงกันข้าม กอบเกียรติ (2553) รายงานว่าการให้ความร้อนทำให้กิจกรรมการต้านออกซิเดชั่นมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากการนึ่งทำให้เกิดความอ่อนนุ่มของผนังเซลล์และเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด ส่งผลให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆถูกปลดปล่อยออกมาได้มากขึ้น ทำให้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้มีค่าที่สูงขึ้น จากผลการทดลองพบว่าข้าวกล้องดอกขาม ข้าวกล้องดอกข่า และข้าวกล้องสังข์หยด มีค่า IC_{50} ที่ต่ำแสดงว่ามีค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในปริมาณที่สูง เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวหรือรำข้าวมีสีแดงซึ่งสีของเปลือกหุ้มเมล็ดดังกล่าวอาจมีสารประกอบประเภทโพลีฟีนอล แอนโทไซยานินหรือสารฟลาโวนอยด์อื่นๆที่เป็นองค์ประกอบ

Shokrzadeh and Ebadi (2006) ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเมล็ดข้าว จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ Neda, Khazar, Sadri และ Tarom พบว่าข้าว Tarom มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงสุดเนื่องจากข้าว Tarom มีสีเข้มกล่าวคือข้าวที่มีสีเข้มมีแอนโทไซยานินในปริมาณที่สูงทำให้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ และ Sumczynski *et al.* (2016) ศึกษาการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของข้าวสีดำและข้าวสีแดงในประเทศต่างๆได้แก่ จีน อิตาลี ญี่ปุ่น ฝรั่งเศษ โคลัมเบีย ลาว และไทย พบว่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ในช่วง 11.8-31.2 m mol TEAC/kg

Shao *et al.* (2018) ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของข้าว จำนวน 14 สายพันธุ์ แบ่งเป็นข้าวกล้อง 5 สายพันธุ์ (9311, Nipponbare, Tianyouhuazhan, II You 838 และ Yanfeng 47) ข้าวสีแดง 5 สายพันธุ์ (Jinggangshanhongmi, Xiangwanxian 12, Qianxiuhong, Changhong No.1 และ Hongmi 2) และข้าวสีดำ 4 สายพันธุ์ (D Youzinuo 161, Heimi No. 1,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Heixiangnuo No. 3, Heinuomi และ Heimi 2420) พบว่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของข้าวทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.05-5.69 μM TE/g โดยข้าวพันธุ์ Hongmi 2 ซึ่งเป็นข้าวสีแดงมีค่าสูงที่สุด (5.69 μM TE/g)

ตารางที่ 4.2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกโดยวิธี DPPH radical scavenging activity ของข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 5 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์มาตรฐานข้าวหอมมะลิ (Mean ± SD)

พันธุ์ข้าว และสารมาตรฐาน	DPPH radical scavenging activity IC_{50} (%)	
	ข้าวดิบ	ข้าวหุงสุก
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ A	ND	ND
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ B	ND	ND
ข้าวขัดขาวสามเดือน	2.369 ± 0.13^{F}	8.561 ± 0.13^{A}
ข้าวกล้องสามเดือน	1.701 ± 0.10^{H}	5.338 ± 0.25^{C}
ข้าวกล้องนางดำ	1.983 ± 0.06^{G}	4.933 ± 0.45^{D}
ข้าวกล้องดอกข่า	1.088 ± 0.09^{J}	4.159 ± 0.19^{E}
ข้าวกล้องสังข์หยด	1.464 ± 0.13^{I}	6.748 ± 0.08^{B}
ข้าวกล้องดอกขาม	0.572 ± 0.04^{K}	2.097 ± 0.02^{G}
Butylated hydroxytoluene	0.0025 ± 0.00^{L}	
Ascorbic acid	0.0003 ± 0.00^{L}	

^{A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

IC_{50} = ค่าความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งได้ 50%

ND = Not detected (ไม่ตรวจพบที่ทำการสกัด 10%)

1.2.1.2 ค่า 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical cation scavenging activity

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกด้วยวิธี ABTS radical cation scavenging activity ในการทดสอบใช้สารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุก แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เพื่อหา % การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดข้าวที่ความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นคำนวณหา % การยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้นมากขึ้น สารสกัดจะมีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งรายงานผลเป็นค่า IC_{50} (ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถดักจับอนุมูลอิสระ ABTS ให้มีปริมาณลดลง 50%) (ตารางที่ 4.3) พบว่าสารสกัดข้าวดิบของข้าวกล้องดอกขามมีฤทธิ์สูงที่สุด (IC_{50}=2.389%) รองลงมาคือข้าวกล้องสังข์หยด ข้าวกล้องดอกข่า ข้าวกล้องสามเดือน ข้าวขัดขาวสามเดือน และข้าวกล้องนางดำ (IC_{50}= 3.354, 4.597, 5.082, 5.760 และ 8.309% ตามลำดับ) ส่วนสารสกัดของข้าวหุงสุกที่ทำการสกัด 10% ทุกสายพันธุ์ พบว่าไม่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS และเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Butylated hydroxytoluene (BHT) และ Quercetin acid มีค่า IC_{50}= 0.0021 และ 0.0010% ตามลำดับ

ผลการทดลองนี้มีความคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Iqbal (2005) พบว่าความสามารถในการขจัดอนุมูล ABTS ของสารที่สกัดได้จากข้าวในปากีสถานมีค่าสูงกว่าการใช้อนุมูล DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังพบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี ABTS radical cation scavenging activity ในข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ทั้ง 6 สายพันธุ์มีความแตกต่างกัน โดยข้าวกล้องดอกขาม มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ABTS ได้สูงสุด (IC_{50} ต่ำ) เนื่องจากข้าวกล้องดอกขามมีสีเข้มนั่นคือมีแอนโทไซยานินปริมาณที่สูงทำให้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวขาวหรือข้าวไม่มีสีพันธุ์อื่นๆ

สัญชัย (2552) ศึกษาคุณภาพข้าวพื้นเมืองมีสีของภาคใต้ในประเทศไทย จำนวน 8 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กรามแรด เหนียวแดงรหัส กำหยาน สังข์หยด หอมกระดังงา เหนียวดำรหัส 96025 เหนียวดำรหัส 96044 และช่อไม้ไผ่ 96060 พบว่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS ของข้าวมีสีพันธุ์พื้นเมืองทั้ง 8 สายพันธุ์อยู่ในช่วง 0.22-0.10 m mol/g และ นอกจากนี้ Sumczynski *et al.* (2016) ศึกษาความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ ABTS ของข้าวสีดำ และข้าวสีแดง ในประเทศต่างๆได้แก่ จีน อิตาลี ญี่ปุ่น ฝรั่งเศส โคลัมเบีย ลาว และไทย พบว่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ ABTS อยู่ในช่วง 8.9-23.6 m mol TEAC/kg

Shao *et al.* (2018) ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของข้าวจำนวน 14 สายพันธุ์ แบ่งเป็นข้าวกล้อง 5 สายพันธุ์ (9311, Nippon bare, Tianyouhuazhan, II You 838 และ Yanfeng 47) ข้าวสีแดง 5 สายพันธุ์ (Jinggangshanhongmi, Xiangwanxian 12, Qianxiuhong, Changhong No.1 และ Hongmi 2) และข้าวสีดำ 4 สายพันธุ์ (D Youzinuo 161, Heimi No. 1, Heixiangnuo No. 3, Heinuomi และ Heimi 2420) พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของข้าวทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.11-8.86 μM TE/g โดยข้าวพันธุ์ Heinuomi และ Heixiannuo N0. 3 ซึ่งเป็นข้าวสีดำมีค่าสูงที่สุด (8.86 และ 8.82 μM TE/g)

1.2.1.3 ค่า Reducing power

ความสามารถในการรีดิวซ์สารโดยวิธี reducing power เป็นการทดสอบความสามารถของส่วนสกัดในการรีดิวซ์ Fe^{3+} เป็น Fe^{2+} ผลที่ได้จะแสดงถึงความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่ดี ในการทดสอบใช้สารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุก แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 นาโนเมตร เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการรีดิวซ์สารซึ่งรายงานผลเป็นค่า EC_{50} (ความเข้มข้นของสารที่มีประสิทธิภาพกระตุ้นการต้านอนุมูลอิสระได้ 50% ของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด) (ตารางที่ 4.4) พบว่าสารสกัดข้าวดิบของข้าวกล้องดอกขามมีความสามารถในการรีดิวซ์มากกว่าพันธุ์อื่นๆ (9.676%) ส่วนสารสกัดของข้าวหุงสุกในทุกสายพันธุ์ไม่มีความสามารถในการรีดิวซ์สาร และเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Ascorbic acid มีค่า EC_{50} = 0.0046% โดยสารที่ต้องการทดสอบจะเป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระแล้วทำให้เปลี่ยนเป็นสารที่คงตัว อีกทั้งยังสามารถหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระอีกด้วย โดยอาศัยจากการวัดปฏิกิริยา reduction ของ $Fe^{3+}(CN^-)_6$ ไปเป็น $Fe^{2+}(CN^-)_6$ ซึ่งจะทำให้มีสีน้ำเงินที่เข้มขึ้น (Vijayalakshmi and Ruckmani. 2016)

1.2.1.4 ค่า Total phenolic content

การทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุก สามารถคำนวณได้จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิกโดยสมการเส้นตรงที่ได้ คือ y = 11.462x + 0.1264 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9981 (ตารางที่ 4.5) พบว่าสารสกัดข้าวดิบมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 28.077–52.768 mg GAE/100g โดยสารสกัดข้าวดิบของข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 51.265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 52.768 mg GAE/100g ตามลำดับ รองลงมาคือข้าวกล้องสังข์หยด ข้าวกล้องสามเดือน ข้าวขัดขาวสามเดือน และข้าวกล้องนางดำ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 39.051, 37.975, 28.077 และ 27.438 mg GAE/100g ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าข้าวกล้องดอกขามมีปริมาณฟีนอลิกที่สูงเนื่องมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวมีสีแดงซึ่งสีของเปลือกหุ้มเมล็ดดังกล่าวมีสารแอนโทไซยานินหรือสารฟลาโวนอยด์อื่นๆเป็นองค์ประกอบทำให้ค่าสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆที่มีเปลือกหุ้มสีขาว

ส่วนสารสกัดของข้าวหุงสุก พบว่าข้าวกล้องสามเดือน มีค่าสูงที่สุด (19.663 mg GAE/100g) รองลงมาคือข้าวกล้องดอกขาม ข้าวกล้องดอกข่า ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องสังข์หยด และข้าวขัดขาวสามเดือน ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 17.269, 4.870, 3.872, 2.650 และ 1.090 mg GAE/100g นอกจากนี้สารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกของข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ A และ B ที่ศึกษาครั้งนี้ไม่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดซึ่งค่าที่ลดลงของสารสกัดข้าวหุงสุกนั้นเป็นผลมาจากความร้อนในการหุงสุกทำให้สารเสื่อมสลาย โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ อุณหภูมิ และความเป็นกรดด่าง เป็นต้น (ศรัณย์ และคณะ. 2555)

ตารางที่ 4.3 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกโดยวิธี ABTS radical cation scavenging activity ของข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 5 สายพันธุ์ร่วมกับพันธุ์มาตรฐานข้าวหอมมะลิ (Mean ± SD)

พันธุ์ข้าว และสารมาตรฐาน	ABTS radical cation scavenging activity IC_{50} (%)	
	ข้าวดิบ	ข้าวหุงสุก
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ A	ND	ND
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ B	ND	ND
ข้าวขัดขาวสามเดือน	5.760 ± 0.15^{B}	ND
ข้าวกล้องสามเดือน	5.082 ± 0.18^{C}	ND
ข้าวกล้องนางดำ	8.309 ± 0.14^{A}	ND
ข้าวกล้องดอกข่า	4.597 ± 0.30^{D}	ND
ข้าวกล้องสังข์หยด	3.354 ± 0.11^{E}	ND
ข้าวกล้องดอกขาม	2.389 ± 0.12^{F}	ND
Butylated hydroxytoluene	0.0021 ± 0.00^{G}	
Quercetin acid	0.0010 ± 0.00^{G}	

^{A,B,C,D,E,F,G} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

IC_{50} = ค่าความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งได้ 50%

ND = Not detected (ไม่ตรวจพบที่ทำการสกัด 10%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกโดยวิธี Reducing power ของข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 5 สายพันธุ์ร่วมกับพันธุ์มาตรฐานข้าวหอมมะลิ (Mean ± SD)

พันธุ์ข้าว และสารมาตรฐาน	Reducing power EC_{50} (%)	
	ข้าวดิบ	ข้าวหุงสุก
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ A	ND	ND
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ B	ND	ND
ข้าวขัดขาวสามเดือน	ND	ND
ข้าวกล้องสามเดือน	ND	ND
ข้าวกล้องนางดำ	ND	ND
ข้าวกล้องดอกข่า	ND	ND
ข้าวกล้องสังข์หยด	ND	ND
ข้าวกล้องดอกขาม	9.676 ± 0.22^{A}	ND
Ascorbic acid	0.0046 ± 0.01^{B}	

^{A,B} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

EC_{50} = ค่าความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์กระตุ้นได้ 50%

ND = Not detected (ไม่ตรวจพบที่ทำการสกัด 10%)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกของข้าวไร่ พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 5 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์มาตรฐานข้าวหอมมะลิ (Mean ± SD)

พันธุ์ข้าว	Total phenolic content (mg GAE/100g)	
	ข้าวดิบ	ข้าวหุงสุก
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ A	ND	ND
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ B	ND	ND
ข้าวขัดขาวสามเดือน	28.077 ± 0.01^{C}	1.090 ± 0.00^{G}
ข้าวกล้องสามเดือน	37.975 ± 0.01^{B}	19.663 ± 0.02^{D}
ข้าวกล้องนางดำ	27.438 ± 0.01^{C}	3.872 ± 0.01^{F}
ข้าวกล้องดอกข่า	51.265 ± 0.02^{A}	4.870 ± 0.01^{F}
ข้าวกล้องสังข์หยด	39.051 ± 0.01^{B}	2.650 ± 0.00^{FG}
ข้าวกล้องดอกขาม	52.768 ± 0.01^{A}	17.269 ± 0.01^{E}

^{A,B,C,D,E,F,G} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

EC_{50} = ค่าความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์กระตุ้นได้ 50%

GAE = Gallic acid equivalent

ND = Not detected (ไม่ตรวจพบที่ทำการสกัด 10%)

พงศธร และคณะ (2551) และ Luengthanaphol *et al*. (2004) รายงานว่าตัวอย่างพืชที่ผ่านการใช้ความร้อนส่งผลให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิกออกไป และปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการขจัดอนุมูลอิสระ DPPH ในสารสกัด กล่าวคือ ข้าวกล้องดอกขามมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูง ทำให้มีความสามารถในการขจัดอนุมูลอิสระ DPPH สูงด้วย ผลการทดลองที่ได้มีความคล้ายกับการศึกษาของ Iqbal *et al.* (2005) รายงานว่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากข้าว จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ RB-86, RB-bm, RB-sf, RB-kr และ RB-s2 พบว่า ความสามารถในการขจัดอนุมูลอิสระ DPPH แปรผันตรงกับปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้เช่นเดียวกัน

จากการทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบในข้าวมีความสอดคล้องกันกับปริมาณการต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้ใน 3 วิธี คือ DPPH radical scavenging activity, ABTS radical cation scavenging activity และ reducing power โดยข้าวที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้จากทั้ง 3 วิธีการทดสอบสูงด้วยเช่นกัน โดยสารประกอบฟีนอลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่เป็น free radical terminators (Abdel-Hameed, 2009) ที่โครงสร้างหลักประกอบด้วย aromatic ring ที่ถูกแทนที่ด้วย hydroxyl group ที่สามารถใช้จับกับอนุมูลอิสระผ่านกระบวนการยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว โดยการให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระ (chain breaker) ซึ่งเป็นหลักการของ DPPH และ ABTS หรือการรีดิวซ์หรือให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระของไอออนของโลหะ ซึ่งเป็นหลักการของ reducing power ดังนั้นเมื่อสารสกัดจากข้าวที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมาก ทำให้มีฤทธิ์การต้านหรือสลายอนุมูลอิสระดังกล่าวสูงด้วยเช่นกัน นอกจากนี้แสดงให้เห็นว่าข้าวกล้องในทุกสายพันธุ์ มีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวขัดขาวและข้าวขาว เนื่องจากข้าวขัดขาวและข้าวขาวมีการกะเทาะตอนขัดสีทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดข้าวและจมูกข้าวหลุดออกไปหมดได้เป็นเมล็ดข้าวสีขาว ทำให้มีค่าการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าข้าวกล้อง

จากการทดสอบคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวทั้ง 4 วิธี พบว่าชนิดของข้าวอาจแสดงศักยภาพในการต้านออกซิเดชันได้แตกต่างกันหรือคล้ายคลึงกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของข้าวแต่ละชนิด เช่นข้าวกล้องดอกขามมีปริมาณฟีนอลิกสูงที่สุด เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวมีสีแดง เปลือกหุ้มเมล็ดดังกล่าวอาจมีสารแอนโทไซยานินหรือสารฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS มีค่า IC_{50} ค่อนข้างต่ำ แสดงว่ามีสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงเช่นเดียวกับวิธี reducing power ส่วนข้าวกล้องดอกข่า ข้าวกล้องนางดำ และข้าวกล้องสามเดือน มีค่าการต้านอนุมูลอิสระรองลงมาตามลำดับ และให้ผลไปในทิศทางเดียวกันทั้ง 4 วิธี แสดงให้เห็นว่าข้าวไร่พื้นเมืองพันธุ์ดังกล่าวอาจเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่ดีช่วยในการเสริมสร้างสุขภาพและช่วยลดภาวะเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆที่มีสาเหตุมาจากอนุมูลอิสระ นอกจากนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะนำข้าวพื้นเมืองภาคใต้มาประยุกต์ใช้ในด้านอาหารโดยทำเป็นไส้กรอกอีสานซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าให้แก่อาหารหมักเนื้อของไทยอีกด้วย

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพร

ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพร จำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องพันธุ์ภูเขาทอง เล็บนก เล็บมือนาง ดอกพะยอม ดอกขาม นางดำ สามเดือน แม่ผึ้ง กาดำ ต้นดำ และกาดำต้นเขียว พบปริมาณวิตามินอีสูงสุด 3 อันดับแรกในข้าวกล้องพันธุ์แม่ผึ้ง ดอกขาม และภูเขาทอง (171.14 ± 7.43, 134.27 ± 22.43 และ 107.24 ± 9.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีของข้าวไร่พันธุ์สามเดือน 4 กลุ่ม ได้แก่ ข้าวกล้อง ข้าวขัดขาว ปลายข้าว และรำข้าว พบปริมาณวิตามินอีในรำข้าวมากที่สุดและพบน้อยที่สุดในข้าวขัดขาว (606.13 ± 30.94 และ 26.48 ± 2.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) เมื่อทำทดสอบเพิ่มเติมโดยนำข้าวขาวหอมมะลิที่ได้จากท้องตลาดมาวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีพบว่ามีปริมาณเพียง 2.29 ± 0.54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพรในทุกสายพันธุ์

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี (Mean ± SD, มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพร

พันธุ์ข้าวไร่	ปริมาณวิตามินอี
ข้าวกล้องสามเดือน	29.24 ± 0.28
- ข้าวขาวสามเดือน	26.48 ± 2.56
- ปลายข้าวสามเดือน	31.86 ± 3.33
- รำข้าวสามเดือน	606.13 ± 30.94
ข้าวกล้องดอกขาม	134.27 ± 22.43
ข้าวกล้องแม่ผึ้ง	171.14 ± 7.43
ข้าวกล้องภูเขาทอง	107.24 ± 9.63
ข้าวกล้องเล็บนก	27.64 ± 0.20
ข้าวกล้องดอกพะยอม	28.39 ± 0.97
ข้าวกล้องเล็บมือนาง	28.26 ± 0.72
ข้าวกล้องนางดำ	27.69 ± 0.55
ข้าวกล้องกาดำต้นดำ	27.88 ± 1.83
ข้าวกล้องกาดำต้นเขียว	28.94 ± 4.58
ข้าวขาวหอมมะลิจากท้องตลาด	2.29 ± 0.54

1.4 การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพร

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพร จำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องพันธุ์ภูเขาทอง เล็บนก เล็บมือนาง ดอกพะยอม ดอกขาม นางดำ สามเดือน แม่ผึ้ง กาดำต้นดำ และกาดำต้นเขียว พบปริมาณเหล็ก ทองแดง แมกนีเซียม โซเดียม สังกะสี แมงกานีส แคลเซียม และโพแทสเซียม สูงสุดในข้าวกล้องพันธุ์ภูเขาทอง แม่ผึ้ง เล็บนก นางดำ กาดำต้นดำ ภูเขาทอง สามเดือน และกาดำต้นเขียว (71.98 ± 9.26, 87.84 ± 11.81, 672.70 ± 24.68, 383.40 ± 1.99, 61.35 ± 1.02, 74.14 ± 3.57, 74.48 ± 5.46 และ 214.14 ± 52.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ)

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุของข้าวไร่พันธุ์สามเดือน 4 กลุ่ม ได้แก่ ข้าวกล้อง ข้าวขัดขาว ปลายข้าว และรำข้าว พบปริมาณปริมาณเหล็ก สังกะสี แมงกานีส แคลเซียม และโพแทสเซียม ในรำข้าวมากที่สุด และพบในปริมาณที่สูงกว่าข้าวไร่สายพันธุ์อื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุ (Mean ± SD, มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพร

พันธุ์ข้าวไร่	เหล็ก	ทองแดง	แมกนีเซียม	โซเดียม	สังกะสี	แมงกานีส	แคลเซียม	โพแทสเซียม
ข้าวกล้องสามเดือน	45.81 ± 8.53	47.65 ± 43.13	521.83 ± 17.24	202.78 ± 23.99	47.76 ± 1.69	31.45 ± 1.15	74.48 ± 5.46	119.79 ± 7.92
- ข้าวขาวสามเดือน	36.19 ± 4.16	19.57 ± 4.61	779.36 ± 44.57	179.98 ± 23.89	41.86 ± 5.30	15.50 ± 4.61	68.71 ± 7.59	88.57 ± 43.49
- ปลายข้าวสามเดือน	41.27 ± 1.89	19.76 ± 6.29	696.68 ± 12.99	205.07 ± 28.23	47.30 ± 5.25	21.42 ± 0.86	63.93 ± 1.27	113.85 ± 15.29
- รำข้าวสามเดือน	285.62 ± 6.80	25.00 ± 9.17	132.70 ± 24.90	161.97 ± 13.47	84.54 ± 5.34	126.78 ± 15.62	100.00 ± 26.43	375.25 ± 14.44
ข้าวกล้องดอกขาม	51.10 ± 18.59	53.22 ± 29.12	547.07 ± 6.11	148.65 ± 8.48	46.37 ± 1.62	66.40 ± 1.81	61.63 ± 1.99	175.42 ± 9.71
ข้าวกล้องแม่ผึ้ง	26.94 ± 11.76	87.84 ± 11.81	382.79 ± 32.39	184.40 ± 7.30	45.83 ± 2.11	48.25 ± 2.98	59.32 ± 6.36	203.90 ± 29.44
ข้าวกล้องภูเขาทอง	71.98 ± 9.26	18.71 ± 2.71	506.76 ± 38.23	236.61 ± 35.97	58.53 ± 2.16	74.14 ± 3.57	50.78 ± 9.73	155.57 ± 8.48
ข้าวกล้องเล็บนก	66.47 ± 13.48	24.35 ± 6.70	672.70 ± 24.68	216.77 ± 9.94	42.75 ± 1.34	41.53 ± 0.91	58.62 ± 15.93	94.82 ± 13.78
ข้าวกล้องดอกพะยอม	49.04 ± 4.59	23.04 ± 6.27	572.48 ± 46.31	207.26 ± 19.19	42.80 ± 1.87	44.97 ± 2.33	56.50 ± 8.35	89.95 ± 12.67
ข้าวกล้องเล็บมือนาง	47.15 ± 11.82	10.38 ± 0.67	399.82 ± 12.40	99.86 ± 20.07	52.17 ± 2.87	37.85 ± 4.23	35.76 ± 3.02	209.79 ± 37.24
ข้าวกล้องนางดำ	56.53 ± 4.31	16.86 ± 4.13	550.34 ± 33.00	383.40 ± 1.99	58.68 ± 0.75	44.27 ± 1.45	44.73 ± 2.06	134.04 ± 14.95
ข้าวกล้องกาดำต้นดำ	50.87 ± 9.73	10.85 ±0.49	464.93 ± 24.39	209.16 ± 16.35	61.35 ± 1.02	39.36 ± 1.04	38.83 ± 13.40	187.47 ± 6.42
ข้าวกล้องกาดำต้นเขียว	43.12 ± 0.28	9.82 ± 0.30	503.81 ± 5.63	204.15 ± 8.70	58.75 ± 1.96	39.25 1.20	36.96 ± 0.87	214.14 ± 52.73

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้ข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ ในการผลิตไส้กรอกอีสานต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส

2.1 การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 วัน

จากผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการต่างๆ ร่วมกับการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวพื้นเมืองภาคใต้ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส จึงคัดเลือกข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า (เป็นข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชุมพร จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์นางดำและดอกขาม และข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของภาคใต้อีก 1 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ดอกข่า) มาผลิตไส้กรอกอีสาน เพื่อเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไปและไส้กรอกอีสานทางการค้า โดยแบ่งกลุ่มการทดลองเป็น 5 กลุ่มทดลอง ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยทำการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ

2.1.1 คุณภาพทางกายภาพ และเคมีในระหว่างกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด

2.1.1.1 ค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดทั้งหมด

การศึกษาค่าความเป็นกรดด่างในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ (ตารางที่ 4.8) พบว่าการใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า ในการผลิตไส้กรอกอีสานไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดด่างในวันแรกมีค่าเท่ากับ 6.29, 6.27, 6.20 และ 6.20 ตามลำดับ ($P>0.05$) โดย Holmer *et al.* (2008) รายงานว่าค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อสุกรมีค่าเท่ากับ 5.42-6.26 ใกล้เคียงกับค่าความเป็นกรดด่างของไส้กรอกอีสานวันแรก ซึ่งยังไม่เกิดกระบวนการหมัก แต่หลังจากนั้นค่าความเป็นกรดด่างจะลดลงมากขึ้น ข้าวที่เป็นส่วนผสมของไส้กรอกอีสานนั้นจะเป็นสารอาหารหลักที่เหมาะสมแก่การเจริญของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอาหารอย่างรวดเร็วในเนื้อสัตว์หรือผลิตภัณฑ์ เมื่อกระบวนการหมักครบ 4 วัน ค่าความเป็นกรดด่างของไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องนางดำมีค่าต่ำสุด (4.32) ซึ่งไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกข่า และข้าวกล้องดอกขาม มีค่าเท่ากับ 4.34 และ 4.44 ตามลำดับ ($P>0.05$) ในขณะที่กลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ที่มีค่าสูงสุด มีค่าเท่ากับ 4.47 ($P<0.05$) โดยค่าความเป็นกรดด่างที่ลดลงจะเพิ่มความปลอดภัยในการบริโภคมากขึ้น โดยไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ (ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกข่า และข้าวกล้องดอกขาม) และข้าวหอมมะลิ มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4.6 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *Salmonella* spp. และ *S. aureus* นอกจากนี้ค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4.5 มีผลทำให้เชื้อ Coliform และ *E. coli* ไม่สามารถทนสภาวะความเป็นกรดและตายไปในที่สุด

การศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ (ตารางที่ 4.8) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสาน การใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่ามีปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 0.41, 0.43, 0.46 และ 0.43% ตามลำดับ (P>0.05) แต่เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นด้วย โดยวันที่ 4 ของกระบวน การหมักไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องนางดำ มีค่าปริมาณกรดทั้งหมดสูงสุด มีค่าเท่ากับ 1.24% ซึ่งไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามและข้าวกล้องดอกข่า มีค่าเท่ากับ 1.16 และ 1.22% ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ มีค่าปริมาณกรดทั้งหมดต่ำกว่า มีค่าเท่ากับ 1.13% (P<0.05)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการหมักไส้กรอกอีสานพบว่าค่าความเป็นกรดด่างจะลดลงเรื่อยๆ และปริมาณกรดทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นในทุกๆ กลุ่มทดลองเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะเอนไซม์ของเนื้อสัตว์เองในขณะการบ่มหรือเกิดจากแบคทีเรียกรดแลกติก (lactic acid bacteria) เชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกพวก homofermentative และ heterofermentative จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในไส้กรอกอีสาน มีผลทำให้เกิดรสเปรี้ยว อันเนื่องมาจากกรดแลกติก และทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Jindaprasert *et al.* (2014) กล่าวว่าค่าความเป็นกรดด่างในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานลดลงจาก 4.81 เป็น 4.22 และปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 0.16 เป็น 0.79% ภายหลังการหมัก 48 ชั่วโมง นอกจากนี้ Paukatong and Kunawasen (2001) รายงานว่าหลังจากการหมักไส้กรอกค่าความเป็นกรดด่างต้องต่ำกว่า 4.6 ผลิตภัณฑ์จะมีความปลอดภัย นอกจากนี้ Visessanguan *et al.* (2006) กล่าวว่าในผลิตภัณฑ์แหนมที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้สุกต้องมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4.6 ถึงจะมีความปลอดภัย และ Chokesajjawatee *et al.* (2009); Holck *et al.* (2017) กล่าวว่าการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างทำให้เปอร์เซ็นต์กรดเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการสร้างกรดจากแบคทีเรียแลกติกที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบทำให้มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำลงประมาณ 4.4-4.5 มีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคบางชนิด เช่น *Salmonella* spp. *E. coli* และ *S. aureus* ไม่สามารถทนสภาวะความเป็นกรดและตายไปในที่สุด Phalakornkule and Tanasupawat (2007) รายงานว่าไส้กรอกหมักที่มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำ (pH<4.6) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum* และ *S. aureus* ได้

2.1.1.2 ค่าสี (CIE L*, a* และ b*)

การศึกษาค่าสี (CIE L*, a* และ b*) ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ (ตารางที่ 4.9) พบว่าค่าความสว่าง (Lightness, L*) ในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสาน การใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า มีค่า L* ไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 50.59, 50.51, 50.47 และ 50.61 ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นทำให้ค่า L* เพิ่มสูงขึ้นด้วย โดยวันที่ 4 ของการหมักไส้กรอกอีสานที่ใช้กล้องดอกขามมีค่าต่ำสุด (53.68) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องนางดำ มีค่าเท่ากับ 54.84 ในขณะที่ไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ มีค่า L* สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเท่ากับ 58.16 (P<0.05) แสดงให้เห็นว่าไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามมีค่า L* ต่ำสุดหมายถึงสีของไส้กรอกอีสานซีดน้อยกว่ากลุ่มอื่นๆเนื่องจากเม็ดของข้าวมีสีแดงอมน้ำตาล สอดคล้องกับการศึกษาของ Yim *et al.* (2015) รายงานว่าไส้กรอกหมักที่มีการเสริมลูโคโนเดลตาแล็กโทน (lucono delta-lactone) มีค่าความสว่างสูงขึ้นจาก 50.51 เป็น 52.32 ในวันที่ 3 ของกระบวนการหมัก และ Cavalheiro *et al.* (2013) กล่าวว่าค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหมักเป็นผลมาจากโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพ เนื่องจากมีการผลิตกรดออกมาในระหว่างกระบวนการหมัก

ส่วนค่าสีแดง (Redness, a*) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสาน การใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่าไม่มีผลต่อค่า a* ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 2.75, 3.31, 2.70 และ 3.22 ตามลำดับ จากนั้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ทำให้มีค่า a* ลดลง และในวันที่ 4 ของกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีค่า a* สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ โดยไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามมีค่า a* สูงสุด (6.45) และไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวหอมมะลิ มีค่าต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 5.22 ($P<0.05$) ผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาของ Rai *et al.* (2010) รายงานว่าไส้กรอกหมักแห้งในกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมกล้าเชื้อ มีค่า a* วันแรกของกระบวนการหมักเพิ่มสูงขึ้น จากนั้นมีค่าลดลงในวันที่ 3 ของกระบวนการหมัก

และค่าสีเหลือง (Yellowness, b*) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสาน การใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่าไม่มีผลต่อค่า b* ($P<0.05$) มีค่าเท่ากับ 14.56, 14.04, 12.50 และ 13.07 ตามลำดับ จากนั้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มทำให้มีค่า b* ลดลง โดยวันที่ 4 ของกระบวนการหมักทุกกลุ่มทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 8.18-9.67 โดยไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามมีค่าต่ำสุด (8.18) และไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ มีค่า b* สูงสุด (9.67) ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ คมแขและอังคนา (2558) รายงานว่าค่าสีเหลืองลดลงตลอดระยะเวลาการหมักในไส้กรอกอีสานในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเติมกรดแลกติกและสารแบคเทอริโอซินโดยมีกระบวนการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน มีค่าสีเหลืองลดลงจาก 11.91 เป็น 6.54 และ Mejri *et al.* (2017) รายงานว่าค่าสีเหลืองลดลงตามระยะเวลาการหมักในไส้กรอกเนื้ออูฐหมักแห้ง

2.1.1.3 ค่าความสดใส (Chroma)

การศึกษาค่าความสดใสในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่าเปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ (ตารางที่ 4.10) โดยค่าความสดใสของสี หมายถึง ถ้าความสดใสของสีเข้าใกล้ 0 หมายถึง ผลิตภัณฑ์มีสีซีดจาง (เทา) และถ้าเข้าใกล้ 60 หมายถึง ผลิตภัณฑ์มีสีเข้ม พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสาน การใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่าไม่มีผลต่อค่าความสดใส ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 14.84, 14.44, 12.81 และ 13.40 ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นส่งผลให้ค่าความสดใสลดลง โดยวันที่ 4 ของกระบวนการหมัก กลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ มีค่าสูงสุด (11.09) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องนางดำ และข้าวกล้องดอกขาม มีค่าเท่ากับ 10.83 และ 10.69 ($P>0.05$) ในขณะที่กลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกข่ามีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ (10.29) ($P<0.05$) จากผลการทดลองสอดคล้องกับค่าสีแดงในตารางที่ 4.9 ที่พบว่าเมื่อระยะการหมักนานขึ้นส่งผลให้ค่าความ a* ลดลงเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Nediani *et al.* (2017) กล่าวว่าค่าความสดใสของไส้กรอกเนื้อแพะลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นจาก 25.73 เป็น 21.88 ในวันที่ 3 ของกระบวนการหมัก และ Bowser *et al.* (2014) กล่าวว่าเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ไส้กรอกเนื้อแกะมีค่าความสดใสลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 ค่าองศาของสี (Hue angle)

การศึกษาค่าองศาของสีในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ (ตารางที่ 4.10) ซึ่งค่าองศาของสีเป็นค่าที่แสดงถึงสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็นชัด ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศาเซลเซียส โดยแต่ละช่วงแสดงสีแตกต่างกันพบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสาน การใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 78.99, 76.44, 77.95 และ 76.02 ตามลำดับ แสดงถึงโทนสีส้มแดงถึงสีเหลือง (มีแนวโน้มเข้าใกล้สีเหลือง) และเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นส่งผลให้ค่าองศาของสีลดลง ซึ่งในวันที่ 4 ของกระบวนการหมักในกลุ่มที่ใช้ข้าวพื้นเมืองภาคใต้ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องนางดำมีค่าสูงสุด (56.09) รองลงมาคือกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกข่า และดอกขามมีค่าต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 53.71 และ 51.22 ตามลำดับ แสดงถึงโทนสีส้มแดงถึงสีเหลือง (มีแนวโน้มเข้าใกล้สีส้มแดง) และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ มีค่าสูงกว่า มีค่าเท่ากับ 60.70 ซึ่งไส้กรอกอีสานดังกล่าวมีแนวโน้มของค่าองศาของสีเข้าใกล้ 90 มีแนวโน้มเข้าใกล้สีเหลืองบ่งบอกได้ว่ามีสีซีดมากกว่า ผลการทดลองคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Nediani *et al.* (2017) รายงานว่าค่าองศาของสีลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นในไส้กรอกเนื้อแพะหมักจาก 75.21 เป็น 68.45 เมื่อสิ้นสุดการหมัก แสดงถึงโทนสีส้มแดงส้มถึงสีเหลืองเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ไส้กรอกอีสานทางการค้า[§]	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวกล้องนางดำ	ข้าวกล้องดอกขาม	ข้าวกล้องดอกข่า
ค่าความเป็นกรดด่าง	0	5.16 ± 0.58	6.29 ± 0.03^{a,A}	6.27 ± 0.03^{a,A}	6.20 ± 0.11^{a,A}	6.20 ± 0.06^{a,A}
	1	4.70 ± 0.26	5.90 ± 0.04^{b,A}	5.90 ± 0.08^{b,A}	5.80 ± 0.10^{b,A}	5.87 ± 0.03^{b,A}
	2	4.68 ± 0.29	5.21 ± 0.08^{c,A}	5.38 ± 0.31^{c,A}	5.33 ± 0.29^{c,A}	5.27 ± 0.28^{c,A}
	3	4.65 ± 0.29	4.79 ± 0.10^{d,A}	4.71 ± 0.02^{d,A}	4.74 ± 0.07^{d,A}	4.73 ± 0.10^{d,A}
	4	4.68 ± 0.26	4.47 ± 0.13^{e,A}	4.32 ± 0.09^{e,B}	4.44 ± 0.18^{e,AB}	4.34 ± 0.09^{e,B}
ค่าปริมาณกรดทั้งหมด	0	0.77 ± 0.35	0.41 ± 0.03^{c,A}	0.43 ± 0.03^{c,A}	0.46 ± 0.04^{c,A}	0.43 ± 0.10^{c,A}
	1	0.86 ± 0.31	0.55 ± 0.06^{c,A}	0.52 ± 0.04^{c,A}	0.57 ± 0.03^{c,A}	0.56 ± 0.10^{c,A}
	2	0.93 ± 0.30	0.93 ± 0.00^{b,A}	0.81 ± 0.03^{b,B}	0.85 ± 0.05^{b,AB}	0.89 ± 0.01^{b,AB}
	3	1.01 ± 0.23	1.08 ± 0.07^{ab,A}	1.13 ± 0.03^{a,A}	1.07 ± 0.09^{a,A}	1.09 ± 0.11^{ab,A}
	4	0.93 ± 0.30	1.13 ± 0.08^{a,B}	1.24 ± 0.07^{a,A}	1.16 ± 0.09^{a,AB}	1.22 ± 0.07^{a,A}

^{a,b,c,d,e} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

§ ไส้กรอกอีสานทางการค้าไม่ได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติ

ตารางที่ 4.9 ค่าสี (CIE L*, a* และ b*) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ไส้กรอกอีสานทางการค้า[§]	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวกล้องนางดำ	ข้าวกล้องดอกขาม	ข้าวกล้องดอกข่า
ค่าความสว่าง (Lightness; L*)	0	63.45 ± 1.08	$50.59 \pm 0.10^{d,A}$	$50.51 \pm 0.17^{b,A}$	$50.47 \pm 0.18^{c,A}$	$50.61 \pm 0.17^{c,A}$
	1	64.41 ± 0.04	$52.05 \pm 1.40^{c,A}$	$51.16 \pm 0.46^{b,A}$	$50.69 \pm 0.30^{c,A}$	$50.75 \pm 0.67^{c,A}$
	2	64.47 ± 1.62	$53.01 \pm 0.10^{bc,C}$	$53.88 \pm 0.43^{a,B}$	$51.70 \pm 0.33^{b,D}$	$55.52 \pm 0.02^{ab,A}$
	3	64.75 ± 0.26	$53.85 \pm 1.39^{b,A}$	$54.47 \pm 0.52^{a,A}$	$52.00 \pm 0.76^{b,A}$	$54.50 \pm 2.84^{b,A}$
	4	63.23 ± 1.26	$58.16 \pm 0.16^{a,A}$	$54.84 \pm 2.87^{a,BC}$	$53.68 \pm 0.34^{a,C}$	$57.35 \pm 0.14^{a,AB}$
ค่าสีแดง (Redness; a*)	0	4.07 ± 0.55	$2.75 \pm 0.28^{c,A}$	$3.31 \pm 0.07^{b,A}$	$2.70 \pm 0.79^{c,A}$	$3.22 \pm 0.37^{b,A}$
	1	4.12 ± 0.24	$4.83 \pm 0.42^{b,C}$	$6.12 \pm 0.10^{a,AB}$	$5.13 \pm 0.61^{b,B}$	$6.21 \pm 0.57^{a,A}$
	2	4.86 ± 0.79	$5.63 \pm 0.17^{a,C}$	$6.27 \pm 0.27^{a,AB}$	$6.12 \pm 0.34^{a,B}$	$6.71 \pm 0.04^{a,A}$
	3	4.35 ± 0.34	$5.36 \pm 0.07^{a,B}$	$6.00 \pm 0.24^{a,AB}$	$5.73 \pm 0.09^{ab,AB}$	$6.14 \pm 0.63^{a,A}$
	4	3.88 ± 0.20	$5.22 \pm 0.08^{ab,B}$	$5.97 \pm 0.62^{a,A}$	$6.45 \pm 0.06^{a,A}$	$6.09 \pm 0.06^{a,A}$

^{a,b,c,d} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B,C,D} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[§] ไส้กรอกอีสานทางการค้าไม่ได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติ

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ไส้กรอกอีสานทางการค้า[§]	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวกล้องนางดำ	ข้าวกล้องดอกขาม	ข้าวกล้องดอกข่า
ค่าสีเหลือง (Yellowness; b*)	0	16.44 ± 1.36	14.56 ± 0.69^{a,A}	14.04 ± 2.68^{a,A}	12.50 ± 0.91^{a,A}	13.07 ± 2.00^{a,A}
	1	14.29 ± 1.25	10.01 ± 0.77^{b,A}	10.74 ± 0.18^{b,A}	8.67 ± 0.18^{b,B}	10.63 ± 0.40^{b,A}
	2	13.19 ± 0.98	9.21 ± 0.09^{b,A}	9.59 ± 0.49^{b,A}	7.98 ± 0.42^{b,B}	7.72 ± 0.01^{c,B}
	3	14.14 ± 1.17	10.12 ± 1.30^{b,A}	8.66 ± 0.17^{b,AB}	7.64 ± 0.18^{b,B}	8.42 ± 0.93^{c,AB}
	4	14.56 ± 2.70	9.67 ± 0.14^{b,A}	8.98 ± 1.14^{b,A}	8.18 ± 0.61^{b,A}	8.36 ± 0.19^{c,A}

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

§ ไส้กรอกอีสานทางการค้าไม่ได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติ

ตารางที่ 4.10 ค่าความสดใส และค่าองศาของสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ไส้กรอกอีสานทางการค้า[§]	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวกล้องนางดำ	ข้าวกล้องดอกขาม	ข้าวกล้องดอกข่า
ค่าความสดใส (Chroma)	0	16.97 ± 1.18	14.84 ± 0.73^{a,A}	14.44 ± 2.60^{a,A}	12.81 ± 1.06^{a,A}	13.40 ± 1.95^{a,A}
	1	15.30 ± 1.07	11.15 ± 0.80^{b,B}	12.37 ± 0.11^{ab,A}	10.09 ± 0.47^{bc,B}	12.33 ± 0.60^{a,A}
	2	14.00 ± 1.00	10.80 ± 0.17^{b,AB}	11.47 ± 0.51^{b,A}	10.09 ± 0.50^{bc,B}	10.25 ± 0.00^{b,B}
	3	14.80 ± 1.22	12.27 ± 1.47^{b,A}	10.55 ± 0.26^{b,AB}	9.56 ± 0.15^{c,B}	10.45 ± 0.51^{b,B}
	4	15.34 ± 2.02	11.09 ± 0.04^{b,A}	10.83 ± 0.65^{b,AB}	10.69 ± 0.00^{b,AB}	10.29 ± 0.15^{b,B}
ค่าองศาของสี (Hue angle)	0	75.89 ± 2.93	78.99 ± 0.50^{a,A}	76.44 ± 2.62^{a,A}	77.95 ± 2.55^{a,A}	76.02 ± 0.49^{a,A}
	1	74.29 ± 1.34	64.60 ± 1.98^{b,A}	60.37 ± 0.77^{b,AB}	59.48 ± 2.43^{b,B}	59.78 ± 1.67^{b,B}
	2	69.67 ± 2.50	58.62 ± 0.56^{c,A}	56.72 ± 1.16^{b,B}	52.72 ± 0.37^{c,C}	48.88 ± 0.08^{c,D}
	3	72.89 ± 0.15	55.51 ± 0.75^{d,A}	55.76 ± 0.67^{b,A}	53.08 ± 0.76^{c,A}	53.72 ± 5.47^{c,A}
	4	75.22 ± 2.11	60.70 ± 1.27^{c,A}	56.09 ± 5.95^{b,AB}	51.22 ± 3.09^{c,B}	53.71 ± 0.31^{c,AB}

^{a,b,c,d} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B,C,D} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

§ ไส้กรอกอีสานทางการค้าไม่ได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติ

2.1.1.5 ค่าการสูญเสียน้ำหนัก (% Weight loss)

การศึกษาค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ (ตารางที่ 4.11) พบว่าการใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า มีค่าการสูญเสียน้ำหนักในวันที่ 1 ของกระบวนการหมักใกล้เคียงกันมีค่าเท่ากับ 1.59, 1.60, 1.62 และ 1.51% ตามลำดับ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาในการหมักต่อค่าการสูญเสียน้ำหนักที่ออกมาพบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นทุกกลุ่มทดลองโดยให้ผลไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องนางดำมีค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างกระบวนการหมักสูงสุด (4.06%) และกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามมีค่าต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 3.64% แสดงให้เห็นว่าเมื่อไส้กรอกอีสานมีสภาวะที่เป็นกรดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักออกมาในระหว่างการหมักของไส้กรอกอีสานเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น และความเป็นกรดด่างที่ลดลงของไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องนางดำ (ตารางที่ 4.8) ซึ่งผลการทดลองให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Visessanguan *et al.* (2006) กล่าวว่าเมื่อระยะเวลาการหมักแหนมเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำมากขึ้นเนื่องจากการสลายโปรตีน และการสูญเสียสภาพของแหนมในระหว่างการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD)

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน				
	ไส้กรอกอีสานทางการค้า[§]	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวกล้องนางดำ	ข้าวกล้องดอกขาม	ข้าวกล้องดอกข่า
1	1.04 ± 0.37	1.59 ± 0.14^{c,A}	1.60 ± 0.07^{d,A}	1.62 ± 0.09^{c,A}	1.51 ± 0.25^{c,A}
2	1.24 ± 0.48	1.76 ± 0.06^{c,A}	1.86 ± 0.07^{c,A}	1.94 ± 0.06^{c,A}	1.83 ± 0.28^{c,A}
3	2.08 ± 0.62	2.46 ± 0.10^{b,B}	3.03 ± 0.12^{b,A}	2.46 ± 0.20^{b,B}	2.54 ± 0.14^{b,B}
4	2.45 ± 0.92	3.66 ± 0.08^{a,A}	4.06 ± 0.13^{a,A}	3.64 ± 0.20^{a,A}	4.01 ± 0.18^{a,A}

^{a,b,c,d} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

§ ไส้กรอกอีสานทางการค้าไม่ได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติ

2.1.1.6 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture profile analysis)

การศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ (ตารางที่ 4.12) พบว่าค่าความแข็ง (Hardness, N) ในวันที่ 1 ของกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานที่ใช้ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิดกัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า มีค่าเท่ากับ 2.01, 2.80, 2.32 และ 2.60 ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งสูงขึ้น โดยวันที่ 4 ของกระบวนการหมักทุกกลุ่มทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 8.80- 9.54 โดยไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องนางดำมีค่าสูงสุด (9.54) สอดคล้องกับค่าการสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องนางดำ (ตารางที่ 4.11) ทำให้มีค่าความแข็งสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Mejri *et al.* (2017) กล่าวว่าผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์หมักแห้ง (dry fermented sausage) มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก และ Bagdatli and Kundakci (2016) รายงานว่าค่าความแข็งของไส้กรอกโปรไบโอติกของตุรกีมีค่าเท่ากับ 6.12, 6.29 และ 7.99 เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา

นอกจากนี้มีนักวิจัยหลายท่านที่กล่าวว่าเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นด้วย อาทิ Qui *et al.* (2012) กล่าวว่าค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักเป็นผลมาจากค่าความเป็นกรดด่างที่ลดลง และค่าความชื้นที่ลดลงในระหว่างการหมัก Wanangkarn *et al.* (2012) กล่าวว่าในผลิตภัณฑ์หม่ำมีความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการหมักเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างกระบวนการหมัก Visessanguan *et al.* (2006) กล่าวว่าผลิตภัณฑ์แหนมมีความแข็งขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการเหนี่ยวนำของกรด การสูญเสียสภาพโปรตีน และการเกิดเจลาตินของโปรตีนในเนื้อสัตว์ Hongthong *et al.* (2016) รายงานว่าการเติมน้ำตาลลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน และการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างที่ใกล้กับจุดไอโซอิเล็กทริก (Isoelectric point) ของแอกทิน (actin) และไมโอซิน (myosin) ในเนื้อสัตว์เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งขึ้น

ค่าการเกาะตัวกัน (Cohesiveness, ratio) พบว่าในวันที่ 1 ของกระบวนการหมัก ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวต่างชนิดกันมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า มีค่าเท่ากับ 0.41, 0.40, 0.35 และ 0.38 ตามลำดับ ($P>0.05$) โดยวันที่ 2-4 ของกระบวนการหมัก ไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า มีค่าการเกาะตัวกันเพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ในช่วง 0.47-0.54 ($P>0.05$) ผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาของ Khem *et al.* (2013) ที่ศึกษาการใช้ปลา 3 ชนิด ได้แก่ Trevally, Kahawai และ Hoki ในการผลิตไส้กรอกปลาหมัก พบว่า มีค่าการเกาะตัวกันไม่แตกต่างกันทั้ง 3 กลุ่มทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.24-0.51 ใน 0-96 ชั่วโมงของกระบวนการหมัก

ค่าความเหนียวคล้ายยาง (Gumminess, N) พบว่าในวันที่ 1 ของกระบวนการหมัก ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวต่างชนิดกันในการผลิตไส้กรอกอีสานมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า มีค่าเท่ากับ 0.54, 0.76, 0.48 และ 0.63 ตามลำดับ ($P>0.05$) จากนั้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเหนียวคล้ายยางเพิ่มขึ้นด้วย โดยวันที่ 4 ของกระบวนการหมักทุกกลุ่มทดลองมีค่าไม่แตกต่างกัน มีค่าอยู่ในช่วง 4.93-5.59 ($P>0.05$)

ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio) พบว่าไส้กรอกอีสานทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ตั้งแต่วันที่ 1-4 ของกระบวนการหมักมีค่าอยู่ในช่วง 0.51-0.63 สอดคล้องกับการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ Khem *et al.* (2013) กล่าวว่าไส้กรอกปลาหมักมีค่าความยืดหยุ่นอยู่ในช่วง 0.31-0.91 ใน 0-96 ชั่วโมงของกระบวนการหมัก และ Olivares *et al.* (2010) รายงานว่าค่าความยืดหยุ่นของไส้กรอกหมัก (sucuk) มีค่าเท่ากับ 0.69-0.73 เมื่อสิ้นสุดการหมัก

และค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, Nmm) พบว่าไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวต่างชนิดกันในการผลิตไส้กรอกอีสานในวันที่ 1 ของกระบวนการหมักมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า มีค่าเท่ากับ 0.32, 0.40, 0.27 และ 0.32 ตามลำดับ จากนั้นมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นโดยวันที่ 2-4 ของกระบวนการหมัก ทุกกลุ่มทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 1.14-3.53 ซึ่งกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิมีค่าสูงสุด (3.53) นอกจากนี้ Ju *et al.* (2016) รายงานว่าเมื่อค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (A_w) ค่าความชื้นลดลง ส่งผลให้ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัวกัน ค่าความเหนียวคล้ายยาง และค่าความยากในการเคี้ยวสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture profile analysis) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ไส้กรอกอีสานทางการค้า[§]	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวกล้องนางดำ	ข้าวกล้องดอกขาม	ข้าวกล้องดอกข่า
ค่าความแข็ง (Hardness, N)	1	11.36 ± 2.37	2.01 ± 0.23^{d,A}	2.80 ± 1.02^{d,A}	2.32 ± 0.59^{d,A}	2.60 ± 0.72^{c,A}
	2	15.75 ± 9.17	5.00 ± 0.79^{c,A}	4.75 ± 0.31^{c,A}	4.96 ± 0.58^{c,A}	5.39 ± 0.85^{b,A}
	3	15.36 ± 7.85	7.64 ± 0.98^{b,A}	6.46 ± 1.07^{b,A}	7.74 ± 0.18^{b,A}	6.20 ± 0.66^{b,A}
	4	17.29 ± 11.35	8.80 ± 0.75^{a,A}	9.54 ± 0.46^{a,A}	9.20 ± 0.70^{a,A}	9.36 ± 1.13^{a,A}
ค่าการเกาะตัวกัน (Cohesiveness, ratio)	1	0.58 ± 0.05	0.41 ± 0.10^{b,A}	0.40 ± 0.09^{b,A}	0.35 ± 0.04^{b,A}	0.38 ± 0.09^{b,A}
	2	0.55 ± 0.05	0.49 ± 0.13^{a,A}	0.53 ± 0.15^{a,A}	0.47 ± 0.12^{a,A}	0.51 ± 0.10^{a,A}
	3	0.57 ± 0.04	0.51 ± 0.07^{a,A}	0.52 ± 0.06^{a,A}	0.54 ± 0.07^{a,A}	0.54 ± 0.04^{a,A}
	4	0.55 ± 0.03	0.48 ± 0.08^{a,A}	0.49 ± 0.07^{a,A}	0.49 ± 0.09^{a,A}	0.49 ± 0.08^{a,A}
ค่าความเหนียวคล้ายยาง (Gumminess, N)	1	6.85 ± 0.05	0.54 ± 0.17^{c,A}	0.76 ± 0.16^{c,A}	0.48 ± 0.08^{c,A}	0.63 ± 0.13^{c,A}
	2	8.42 ± 0.06	1.77 ± 0.06^{bc,A}	2.47 ± 0.11^{b,A}	1.06 ± 0.09^{c,A}	1.97 ± 0.11^{b,A}
	3	7.92 ± 0.04	3.06 ± 0.13^{b,A}	3.58 ± 0.10^{ab,A}	3.09 ± 0.04^{b,A}	3.51 ± 0.10^{ab,A}
	4	8.53 ± 0.00	5.59 ± 0.11^{a,A}	5.19 ± 1.13^{a,A}	5.33 ± 0.11^{a,A}	4.93 ± 0.11^{a,A}

^{a,b,c,d} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

§ ไส้กรอกอีสานทางการค้าไม่ได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติ

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ไส้กรอกอีสานทางการค้า[§]	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวกล้องนางดำ	ข้าวกล้องดอกขาม	ข้าวกล้องดอกข่า
ค่าความยืดหยุ่น[NS] (Springiness, ratio)	1	0.62 ± 0.05	0.58 ± 0.17	0.57 ± 0.16	0.51 ± 0.08	0.52 ± 0.13
	2	0.59 ± 0.06	0.62 ± 0.16	0.62 ± 0.11	0.58 ± 0.09	0.63 ± 0.11
	3	0.61 ± 0.04	0.63 ± 0.13	0.59 ± 0.10	0.63 ± 0.04	0.61 ± 0.09
	4	0.60 ± 0.00	0.60 ± 0.11	0.56 ± 0.12	0.55 ± 0.11	0.55 ± 0.10
ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, Nmm)	1	4.34 ± 0.61	$0.32 \pm 0.15^{c,A}$	$0.40 \pm 0.06^{c,A}$	$0.27 \pm 0.06^{b,A}$	$0.32 \pm 0.12^{c,A}$
	2	4.84 ± 1.73	$1.19 \pm 1.19^{b,A}$	$1.60 \pm 0.69^{b,A}$	$1.14 \pm 0.89^{b,A}$	$1.22 \pm 0.17^{b,A}$
	3	5.15 ± 1.88	$2.11 \pm 1.66^{ab,A}$	$2.17 \pm 0.82^{ab,A}$	$2.44 \pm 0.88^{a,A}$	$2.15 \pm 0.66^{ab,A}$
	4	6.36 ± 3.74	$3.53 \pm 1.88^{a,A}$	$2.97 \pm 1.13^{a,A}$	$2.96 \pm 0.90^{a,A}$	$2.85 \pm 1.42^{a,A}$

[A] ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[a,b,c] ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[NS] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

[§] ไส้กรอกอีสานทางการค้าไม่ได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติ

2.1.1.7 ค่าการออกซิเดชันของไขมัน (Thio barbituric acid reactive substances)

การออกซิเดชันของไขมัน (Thio barbituric acid reactive substances; TBARS) เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาเพราะอาจทำให้เกิดการหืน และมีผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งสี และรสชาติ (Kim *et al.* 2017) จากการศึกษาค่าการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ (ตารางที่ 4.13) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสาน การใช้ข้าวต่างชนิดกันไม่ส่งผลต่อค่า TBARS ($P>0.05$) โดยไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า มีค่าเท่ากับ 0.20, 0.17, 0.21 และ 0.18 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

โดยทั่วไปไส้กรอกอีสานมีการเติมไขมันลงในส่วนผสมประมาณ 30% เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้มีการออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดการเหม็นหืน (rancidity) ส่งผลให้ค่า TBARS สูงขึ้นในทุกกลุ่มทดลอง โดยวันที่ 4 ของกระบวนการหมัก ไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องนางดำมีค่าการออกซิเดชันของไขมันต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 0.53 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่หมักเสร็จแล้วมีอายุการเก็บรักษาได้นานสุด เนื่องจากข้าวกล้องนางดำมีสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เมื่อนำมาผลิตไส้กรอกอีสาน สารดังกล่าวจะชะลอการเกิดอนุมูลอิสระที่ไปกระตุ้นปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและมีค่าการออกซิเดชันของไขมันต่ำกว่ากลุ่มอื่น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ พบว่ามีค่าสูงกว่า มีค่าเท่ากับ 0.66 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ($P<0.05$)

นอกจากนี้ค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARS) ทุกกลุ่มทดลองมีค่าไม่เกิน 2 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม สามารถยอมรับได้ โดย Shamberger *et al.* (1977) รายงานว่าในตัวอย่างอาหารทั่วไป ค่า TBARS ที่สามารถยอมรับได้คือปริมาณไม่เกิน 2 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม และ Lohalaksanadech and Kachenpakdee (2011) รายงานว่าค่า TBARS ที่มีปริมาณมากกว่า 3 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ทำให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้กลิ่นแปลกปลอมต่ออาหาร และถ้ามีค่าปริมาณมากกว่า 7 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ถือว่าไขมันเกิดการเสื่อมคุณภาพเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ค่าการออกซิเดชันของไขมัน Thio barbituric acid reactive substances (TBARS: mg MDA/kg sample) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD)

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน				
	ไส้กรอกอีสานทางการค้า[§]	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวกล้องนางดำ	ข้าวกล้องดอกขาม	ข้าวกล้องดอกข่า
0	0.65 ± 0.04	0.20 ± 0.03^{b,A}	0.17 ± 0.01^{b,A}	0.21 ± 0.01^{b,A}	0.18 ± 0.02^{b,A}
4	0.72 ± 0.06	0.66 ± 0.05^{a,A}	0.53 ± 0.05^{a,B}	0.64 ± 0.05^{a,A}	0.63 ± 0.02^{a,A}

^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[§] ไส้กรอกอีสานทางการค้าไม่ได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติ

2.1.2 คุณภาพทางชีวภาพในระหว่างกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด

2.1.2.1 จำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก

การศึกษาจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ (ตารางที่ 4.14) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวต่างชนิดกันมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า มีค่าเท่ากับ 4.18, 4.26, 4.24 และ 4.20 log cfu/g ตามลำดับ และเมื่อระยะการหมักเพิ่มขึ้นจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกเพิ่มขึ้นด้วย

การใช้ข้าวต่างชนิดกันมีค่าไม่แตกต่างกัน มีค่าอยู่ในช่วง 8.81-9.07 log cfu/g โดยไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องนางดำมีค่าสูงสุด (9.07 log cfu/g) และกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิมีค่าต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 8.44 log cfu/g การที่จำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อสิ้นสุดการหมัก เนื่องจากจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกที่สูงขึ้นส่งผลต่อค่าความเป็นกรดด่างที่ลดลง และปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักดังตารางที่ 4.8 ส่งผลให้ไส้กรอกอีสานมีความปลอดภัยในการบริโภคมากขึ้น

โดยทั่วไปอาหารหมักหลายชนิดแบคทีเรียกรดแลกติกนั้นมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการหมักเนื่องจากกรดแลกติกที่สร้างขึ้นทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในผลิตภัณฑ์ จึงช่วยชะลอการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นเปรี้ยว (Pringsulaka *et al.* 2011) นอกจากนี้แบคทีเรียกรดแลกติกสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียในผลิตภัณฑ์ ผลผลิตของแบคทีเรียกรดแลกติกที่ได้จากกระบวนการหมัก เช่น กรดอินทรีย์ และแบคเทอริโอซิน โดยสารทั้งสองเป็นสารต้านจุลชีพ (Cleveland *et al.* 2001; Ammor *et al.* 2006) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Sriphochanart and Skolpap (2011) กล่าวว่าในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานมีจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมักจาก 0-60 ชั่วโมง (4.40 เป็น 8.45 log cfu/g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 จำนวนยีสต์

การศึกษาจำนวนยีสต์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ (ตารางที่ 4.14) พบว่าจำนวนยีสต์ในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสานมีค่าไม่แตกต่างกัน (P>0.05) มีค่าอยู่ในช่วง 2.82-2.85 log cfu/g และมีจำนวนยีสต์ลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น โดยวันที่ 4 ของกระบวนการหมักทุกกลุ่มทดลองมีจำนวนยีสต์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิมีค่าสูงสุด (2.54 log cfu/g) ส่วนจำนวนรา (ตารางที่ 4.15) ตรวจไม่พบในทุกกลุ่มทดลองมีค่าต่ำกว่าที่ตรวจนับได้ (<1 log cfu/g)

สาเหตุที่มีจำนวนยีสต์มีจำนวนลดลงภายหลังกระบวนการหมักเนื่องจากจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกที่มีจำนวนมากขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักจะผลิตกรดเกิดขึ้น ได้แก่ กรดอินทรีย์ กรดแลกติก และกรดอะซิติก โดยค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการแตกตัว (pKa) และความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ส่งผลต่อเชื้อยีสต์และรา (De vuyst and Vandamme. 1994) ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกอีสานหมู (2546) กล่าวว่ายีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 cfu/g เนื่องด้วยจำนวนยีสต์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวต่างชนิดในการผลิตไส้กรอกอีสานมีจำนวนเกินกว่ามาตรฐานกำหนด เป็นเพราะสภาวะการเจริญของยีสต์เจริญได้ดีที่ค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4.6 อีกประการอาจเนื่องด้วยจำนวนยีสต์เริ่มต้นมีการปนเปื้อนมาจากวัตถุดิบ อุปกรณ์ที่นำมาใช้ และสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิตที่ไม่สะอาด จึงพบจำนวนยีสต์มากเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ในขณะเดียวกันข้าวที่เติมลงในส่วนผสมในการทำไส้กรอกอีสานนอกจากจะช่วยในการสร้างกรดแลกติกแล้วยังทำให้จุลินทรีย์อื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหมักเจริญได้โดยเฉพาะยีสต์

สอดคล้องกับการศึกษาของ Sriphochanart and Skolpap (2011) รายงานว่าจำนวนยีสต์ในไส้กรอกอีสานในกลุ่มที่ไม่เติมกล้าเชื้อมีจำนวนเพิ่มขึ้นในการหมักที่ 24 ชั่วโมง จากนั้นเมื่อการหมักผ่านไป 60 ชั่วโมง จำนวนยีสต์ลดลงเหลือ 5.2 log cfu/g ซึ่งยังตรวจพบจำนวนยีสต์อยู่ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ratanaburee *et al.* (2013) รายงานว่าแหนมในกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมกล้าเชื้อมีจำนวนยีสต์เริ่มต้น 6 log cfu/g จากนั้นเมื่อสิ้นสุดการหมักที่ 96 ชั่วโมง จำนวนยีสต์ลดลงเหลือ 3 log cfu/g ซึ่งยังคงตรวจพบจำนวนยีสต์อยู่เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ Yongjin *et al.* (2006) รายงานว่ากรดสาเหตุหลักของการยับยั้งเชื้อ *staphylococci, micrococci* และยีสต์ ในไส้กรอกหมักแห้ง (dry fermented sausages) ซึ่งค่าความเป็นกรดด่างที่ลดลงต่ำกว่า 4.5 ยีสต์หลายตัวมีความทนทานได้ ดังนั้นการทำให้เกิดกรดในผลิตภัณฑ์เพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถอธิบายได้ว่าสามารถลดจำนวนยีสต์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 จำนวนราและเชื้อ *E. coli*, *Salmonella* spp. และ *S. aureus*

การศึกษาจำนวนเชื้อ *E. coli, Salmonella* spp. และ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ (ตารางที่ 4.15 และ 4.16) พบว่าในระหว่างกระบวนการหมักเป็นระยะเวลา 4 วัน ตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทุกกลุ่มทดลอง มีค่าต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ (<1 cfu/g)

ส่วนเชื้อ *Salmonella* spp. ตรวจไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม เนื่องจากค่าความเป็นกรดด่างที่ลดลงต่ำกว่า 4.6 (ตารางที่ 4.8) สามารถฆ่าเชื้อ *Salmonella* spp. และ *S. aureus* ได้ และค่าความเป็นกรดด่างที่ต่ำกว่า 4.5 มีผลทำให้เชื้อ *E.coli* ไม่สามารถทนสภาวะความเป็นกรดและตายไปในที่สุด โดยกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานเกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลกติกเมื่อจุลินทรีย์เกิดการหมักจะทำให้เนื้อหมักมีค่าความเป็นกรดด่างลดลง สามารถยับยั้งการเจริญ และการงอกของสปอร์ของจุลินทรีย์ก่อโรคได้ (Azam *et al.* 2017) จากผลการทดลองเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกอีสานหมู (2546) รายงานว่าต้องไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. ในตัวอย่าง 25 กรัม และเชื้อ *S. aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 จำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก และยีสต์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD)

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ไส้กรอกอีสานทางการค้า[§]	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวกล้องนางดำ	ข้าวกล้องดอกขาม	ข้าวกล้องดอกข่า
Lactic acid bacteria (log cfu/g)	0	7.09 ± 0.81	4.18 ± 0.09^{d,A}	4.26 ± 0.05^{d,A}	4.24 ± 0.07^{c,A}	4.20 ± 0.06^{d,A}
	1	8.17 ± 0.15	7.52 ± 0.82^{c,A}	7.53 ± 0.82^{c,A}	7.45 ± 0.84^{b,A}	7.50 ± 0.79^{c,A}
	2	8.24 ± 0.16	7.97 ± 0.63^{bc,A}	8.01 ± 0.63^{bc,A}	8.04 ± 0.50^{ab,A}	8.01 ± 0.53^{bc,A}
	3	8.31 ± 0.17	8.66 ± 0.26^{ab,AB}	8.67 ± 0.26^{ab,AB}	8.51 ± 0.21^{a,B}	8.74 ± 0.26^{ab,A}
	4	8.44 ± 0.32	8.81 ± 0.31^{a,A}	9.07 ± 0.13^{a,A}	8.86 ± 0.25^{a,A}	9.05 ± 0.10^{a,A}
Yeast (log cfu/g)	0	2.90 ± 0.15	2.82 ± 0.24^{b,A}	2.84 ± 0.20^{bc,A}	2.85 ± 0.26^{bc,A}	2.85 ± 0.27^{bc,A}
	1	2.91 ± 0.15	4.17 ± 0.07^{a,A}	4.15 ± 0.05^{a,A}	4.17 ± 0.08^{a,A}	4.17 ± 0.06^{a,A}
	2	2.87 ± 0.25	3.98 ± 0.13^{a,A}	3.97 ± 0.03^{a,A}	3.99 ± 0.02^{a,A}	3.92 ± 0.04^{a,A}
	3	2.85 ± 0.22	2.83 ± 0.13^{b,A}	3.17 ± 0.34^{b,A}	3.17 ± 0.36^{b,A}	3.14 ± 0.32^{b,A}
	4	2.69 ± 0.15	2.54 ± 0.03^{b,A}	2.51 ± 0.01^{c,A}	2.52 ± 0.10^{c,A}	2.50 ± 0.07^{c,A}

^{a,b,c,d} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{¥}$ <1 cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

§ ไส้กรอกอีสานทางการค้าไม่ได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติ

ตารางที่ 4.15 จำนวนรา และเชื้อ *E.coli* ของไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ไส้กรอกอีสานทางการค้า[§]	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวกล้องนางดำ	ข้าวกล้องดอกขาม	ข้าวกล้องดอกข่า
Mold (cfu/g)	0	<1	<1[¥]	<1	<1	<1
	1	<1	<1	<1	<1	<1
	2	<1	<1	<1	<1	<1
	3	<1	<1	<1	<1	<1
	4	<1	<1	<1	<1	<1
E. coli (cfu/g)	0	<1	<1	<1	<1	<1
	1	<1	<1	<1	<1	<1
	2	<1	<1	<1	<1	<1
	3	<1	<1	<1	<1	<1
	4	<1	<1	<1	<1	<1

[¥] <1 cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

[§]ไส้กรอกอีสานทางการค้าไม่ได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติ

ตารางที่ 4.16 จำนวนเชื้อ *S. aureus* และ *Salmonella* spp. ของไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ไส้กรอกอีสานทางการค้า[§]	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวกล้องนางดำ	ข้าวกล้องดอกขาม	ข้าวกล้องดอกข่า
S. aureus (cfu/g)	0	<1	<1[¥]	<1	<1	<1
	1	<1	<1	<1	<1	<1
	2	<1	<1	<1	<1	<1
	3	<1	<1	<1	<1	<1
	4	<1	<1	<1	<1	<1
Salmonella spp. (per 25 g)	0	ND	ND	ND	ND	ND
	1	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	ND

[¥] <1 cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

ND = Not detected (ตรวจไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม)

[§]ไส้กรอกอีสานทางการค้าไม่ได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติ

2.1.3 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในระหว่างกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด

2.1.3.1 ค่า 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging capacity (DPPH) radical scavenging activity

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขามและข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ ภายหลังการทำให้สุก (ตารางที่ 4.17) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสานทุกกลุ่มทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 69.20-70.10% โดยไส้กรอกอีสานที่ใช้กล้องดอกขามมีค่าสูงสุด (70.10%) จากนั้นเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยไส้กรอกอีสานที่ใช้กล้องดอกขามมีค่าสูงสุด (72.11%) ซึ่งไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกข่า มีค่าเท่ากับ 71.64% และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ มีค่าที่ต่ำกว่า มีค่าเท่ากับ 70.34% ($P<0.05$)

การที่ไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามมีค่าสูงเนื่องจากข้าวกล้องดอกขามมีสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มแอนโทไซยานินและโปรแอนโทไซยานิดินเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ Kusznierewicz *et al.* (2008) รายงานว่าค่าการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้นเมื่อสิ้นสุดการหมัก เนื่องจากสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันจะจับกับอนุมูล DPPH ดังนั้นสารมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันจะลดการดูดกลืนแสงของ DPPH และการให้ความร้อนมีผลทำให้สารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มความร้อนของสารต้านอนุมูลอิสระอาจสามารถป้องกันการออกซิเดชันขององค์ประกอบอื่นๆในอาหาร

2.1.3.2 ค่า 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical cation scavenging activity

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ABTS ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขามและข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ ภายหลังการทำให้สุก (ตารางที่ 4.17) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสาน ไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกขาม มีค่าสูงสุด (72.65%) และกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิที่มีค่าต่ำกว่า มีค่าเท่ากับ 70.53% ($P<0.05$) จากนั้นเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามมีค่าสูงสุด (79.65%) เช่นเดียวกันแต่ไม่แตกต่างกับไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกข่า มีค่าเท่ากับ 78.88% และเมื่อเปรียบกับไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวหอมมะลิ มีค่าที่ต่ำกว่า มีค่าเท่ากับ 74.61% ($P<0.05$)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS เป็นวิธีใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อวัดความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระโดย ABTS จะถูกเปลี่ยนเป็น $ABTS^{\bullet+}$ โดยโซเดียมเพอร์ซัลเฟต ($K_2O_8S_2$) เป็นตัวรีดิวซ์ ABTS ให้เป็น $ABTS^{\bullet+}$ และเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำเงิน (Re *et al.* 1999) จากนั้น $ABTS^{\bullet+}$ ทำปฏิกิริยากับ antioxidant (AOH) หรือสารสกัดถูกออกซิไดซ์ให้กลายเป็น ABTS + $A^{\bullet}$ เกิดเป็นสีใสทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียร (lipophilic radical) และหยุดปฏิกริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระได้ (Rizki *et al.*, 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.3 ค่า Reducing power

การทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์สารในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ ภายหลังการทำให้สุก (ตารางที่ 4.17) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสาน ไส้กรอกอีสานที่ข้าวกล้องดอกขามมีค่าสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.681 ($P<0.05$) จากนั้นเมื่อสิ้นสุดการหมักไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามมีค่าสูงสุด (0.951) ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกข่า มีค่าเท่ากับ 0.947 และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ มีค่าต่ำกว่า มีค่าเท่ากับ 0.927 ($P<0.05$) โดยไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามมีค่าสูงสุดแสดงว่าสามารถป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระที่มีผลต่อการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ได้

ในการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ สารสามารถทำปฏิกิริยาโดยตรงกับเปอร์ออกไซด์และป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระโดยการทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้นบางชนิดซึ่งความ สามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์สารเป็นการให้อิเล็กตรอนแก่สารอนุมูลอิสระเปลี่ยนเป็นสารที่คงตัว โดยวัดปฏิกิริยารีดักชั่นของ $Fe^{3+}(CN)_6$ (ferric tripyridyltriazine) ไปเป็น $Fe^{2+}(CN^-)_6$ ถ้าหากสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้มขึ้นจะแสดงถึงความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่ดี (Vijayalakshmi and Ruckmani. 2016)

2.1.3.4 ค่า Total phenolic content

การทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ในการผลิตไส้กรอกอีสาน ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ ภายหลังการทำให้สุก (ตารางที่ 4.17) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ข้าวกล้องดอกขามมีค่าสูงสุด มีค่าเท่ากับ 53.54 mg GAE/100g ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$) จากนั้นเมื่อสิ้นสุดการหมักไส้กรอกอีสานที่ข้าวข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ทั้ง 3 สายพันธุ์ (ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า) มีค่าไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 78.99, 79.74 และ 79.37 mg GAE/100g ตามลำดับ โดยไส้กรอกอีสานที่ข้าวกล้องดอกขามมีค่าสูงสุด (79.74 mg GAE/100g) และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิพบว่ามีค่าต่ำกว่า มีค่าเท่ากับ 73.32 mg GAE/100g ($P<0.05$)

จากผลการทดลองข้างต้นพบว่าข้าวกล้องดอกขามมีปริมาณฟีนอลิกที่สูงเนื่องมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวมีสีแดงซึ่งสีของเปลือกหุ้มเมล็ดดังกล่าวมีสารแอนโทไซยานิน ฟลาโวนอยด์ และโปรแอนโทไซยานิดินเป็นองค์ประกอบ เมื่อนำมาผลิตเป็นไส้กรอกอีสานทำให้มีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้ข้าวหอมมะลิ และการทดสอบปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในไส้กรอกอีสาน มีความสอดคล้องกันกับการต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้ทั้ง 3 วิธี โดยไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบในปริมาณที่สูงส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้จากทั้ง 3 วิธีการทดสอบสูงด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity, ABTS radical cation scavenging activity, Reducing power และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทางการค้า และไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิด จำนวน 4 สายพันธุ์ (Mean ± SD)

วิธีการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระ	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ไส้กรอกอีสานทางการค้า[§]	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวกล้องนางดำ	ข้าวกล้องดอกขาม	ข้าวกล้องดอกข่า
DPPH radical scavenging activity (% inhibition)	0	63.50 ± 0.41	69.20 ± 0.36^{a,A}	69.67 ± 0.36^{a,A}	70.10 ± 0.37^{a,A}	69.86 ± 0.36^{a,A}
	4	61.10 ± 0.44	70.34 ± 0.35^{a,C}	70.80 ± 0.36^{a,B}	72.11 ± 0.34^{a,A}	71.64 ± 0.34^{a,AB}
ABTS radical cation scavenging activity (% inhibition)	0	60.36 ± 0.28	70.53 ± 0.26^{a,B}	70.91 ± 0.26^{a,B}	72.65 ± 0.24^{a,A}	71.63 ± 0.25^{a,AB}
	4	60.72 ± 0.28	74.61 ± 0.19^{a,C}	77.37 ± 0.17^{a,B}	79.65 ± 0.16^{a,A}	78.88 ± 0.17^{a,AB}
Reducing power (OD 700 nm)	0	0.591 ± 0.01	0.627 ± 0.00^{b,B}	0.642 ± 0.01^{b,B}	0.681 ± 0.01^{b,A}	0.643 ± 0.01^{b,B}
	4	0.587 ± 0.01	0.927 ± 0.00^{a,C}	0.942 ± 0.01^{a,B}	0.951 ± 0.01^{a,A}	0.947 ± 0.01^{a,AB}
Total phenolic content (mg GAE/100 g sausage)	0	35.16 ± 0.27	46.28 ± 0.37^{b,C}	47.33 ± 0.91^{b,BC}	53.54 ± 0.14^{b,A}	48.37 ± 0.32^{b,B}
	4	33.43 ± 1.20	73.32 ± 1.05^{a,B}	78.99 ± 0.84^{a,A}	79.74 ± 1.22^{a,A}	79.37 ± 0.59^{a,A}

^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

§ ไส้กรอกอีสานทางการค้าไม่ได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติ

2.2 การเปรียบเทียบวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่เหมาะสมต่อคุณภาพและความปลอดภัย

จากผลการศึกษาข้างต้นได้ทำการคัดเลือกข้าวกล้องดอกขามมาใช้ในการศึกษาวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่เหมาะสมต่อคุณภาพและความปลอดภัย โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน

2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และ 3) บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ในระหว่างกระบวนการหมัก และทดสอบทางประสาทสัมผัสเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ดังนี้

2.2.1 คุณภาพด้านกายภาพ และเคมีต่อวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี

2.2.1.1 ค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด

การศึกษาค่าความเป็นกรดด่างของไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแตกต่างกัน 3 วิธี คือ 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน 2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และ 3) บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (ตารางที่ 4.28) พบว่าค่าความเป็นกรดด่างในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสานมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 6.32, 6.30 และ 6.29 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าความเป็นกรดด่างลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยวันที่ 4 ของกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน มีอัตราการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างมากที่สุด (4.44) ซึ่งมีความแตกต่างกันกับวิธีการหมักอีก 2 วิธี โดยไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีอัตราการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างน้อยสุด คือ 4.85 ($P<0.05$) ในขณะเดียวกันวิธีการหมักไส้กรอกอีสานแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน ใช้ระยะเวลาในการหมักที่สั้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสานในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือผู้ประกอบการรายย่อยได้ นอกจากนี้ค่าความเป็นกรดด่างที่ต่ำกว่า 4.6 สามารถฆ่าเชื้อก่อโรคได้

การศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดของไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแตกต่างกัน 3 วิธี คือ 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน 2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน 3) บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (ตารางที่ 4.18) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสานทุกวิธีการหมักมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 0.40, 0.43 และ 0.45% ตามลำดับ ในขณะเดียวกันทุกกลุ่มทดลองมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น โดยวันที่ 4 ของกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน มีค่าสูงสุด (1.25%) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับวิธีการหมักวิธีที่ 2 ($P>0.05$) ในขณะที่วิธีการหมักวิธีที่ 1 มีค่าปริมาณกรดทั้งหมดน้อยที่สุด (0.96%) ($P<0.05$) สอดคล้องกับค่าความเป็นกรดด่าง (ตารางที่ 4.18) และผลการทดลองคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Doungkhwan *et al.* (2017) รายงานว่าวิธีการหมักไส้กรอกอีสานแบบแขวนที่อุณหภูมิห้องมีค่าความเป็นกรดด่างสูงสุดและปริมาณกรดทั้งหมดต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีกระบวนการหมักแบบอื่นที่นอกเหนือจากการทดลองโดย กฤษณา และคณะ (2552) รายงานว่าวิธีการหมักไส้กรอกอีสานแบบบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง มีค่าความเป็นกรดด่างลดลงอย่างต่อเนื่องในวันที่ 0, 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 5.95, 4.93 และ 4.67 ตามลำดับ เช่นเดียวกัน ซึ่งการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างเป็นผลมาจากผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมักคือ กรดอินทรีย์ กรดแลกติก และกรดอะซิติก เพื่อให้เกิดกรดแลกติกในไส้กรอกอีสาน (Bozkurt and Bayram, 2006; Saithong *et al.*, 2010) ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียกกรดแลกติกที่ย่อยวัตถุดิบ คือข้าวซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตหลักในการเปลี่ยนเป็นไพรูเวต (pyruvate) และกรดแลกติกโดยใช้เอนไซม์ lactate dehydrogenase (ดวงพร, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด (Mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	วิธีการหมักที่แตกต่างกัน		
		แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน	แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 3 วัน	บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 4 วัน
ค่าความเป็นกรดด่าง	0	$6.32 \pm 0.01^{a,A}$	$6.30 \pm 0.02^{a,A}$	$6.29 \pm 0.01^{a,A}$
	1	$5.94 \pm 0.01^{b,A}$	$5.94 \pm 0.02^{b,A}$	$5.55 \pm 0.01^{b,B}$
	2	$5.56 \pm 0.01^{c,A}$	$5.10 \pm 0.00^{c,B}$	$4.90 \pm 0.02^{c,C}$
	3	$5.11 \pm 0.01^{d,A}$	$4.74 \pm 0.01^{d,B}$	$4.63 \pm 0.04^{d,C}$
	4	$4.85 \pm 0.01^{e,A}$	$4.56 \pm 0.01^{e,B}$	$4.44 \pm 0.01^{e,C}$
ค่าปริมาณกรดทั้งหมด	0	$0.40 \pm 0.03^{e,A}$	$0.43 \pm 0.05^{e,A}$	$0.45 \pm 0.03^{e,A}$
	1	$0.59 \pm 0.04^{d,B}$	$0.63 \pm 0.04^{d,AB}$	$0.70 \pm 0.05^{d,A}$
	2	$0.67 \pm 0.02^{c,C}$	$0.79 \pm 0.02^{c,B}$	$0.86 \pm 0.04^{c,A}$
	3	$0.89 \pm 0.06^{b,B}$	$1.05 \pm 0.03^{b,A}$	$1.11 \pm 0.02^{b,A}$
	4	$0.96 \pm 0.01^{a,B}$	$1.18 \pm 0.02^{a,A}$	$1.25 \pm 0.07^{a,A}$

^{a,b,c,d,e} **ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง**มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B,C} **ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน**มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.2.1.2 ค่าสี (CIE L*, a* และ b*)

การศึกษาค่าสี (CIE L*, a* และ b*) ของไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแตกต่างกัน 3 วิธี คือ 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน 2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และ 3) บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน ที่ผิวสัมผัสด้านนอก (ตารางที่ 4.19) พบว่าค่าความสว่าง (Lightness, L*) ในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสานของวิธีการหมักทั้ง 3 วิธี มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 50.56, 50.62 และ 50.52 ตามลำดับ จากนั้นเมื่อระยะการหมักเพิ่มขึ้นส่งผลให้วิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีค่า L* ลดลงตามระยะเวลาการหมัก และวิธี การหมักวิธีที่ 2 และ 3 มีค่า L* เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการหมัก ($P<0.05$)

โดยค่าสีแดง (Redness, a*) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสานทั้ง 3 วิธีการหมัก มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 3.82, 3.87 และ 3.77 ตามลำดับ จากนั้นเมื่อระยะการหมักเพิ่มขึ้นส่งผลให้วิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีค่า a* เพิ่มขึ้น ในขณะที่วิธีการหมักวิธีที่ 2 และ 3 มีค่า a* ลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก ($P<0.05$) จากผลการทดลองพบว่าค่า a* ของวิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีค่าสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการหมักส่งผลให้เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค (ตารางที่ 4.26) แสดงว่าวิธีการหมักดังกล่าวช่วยในเรื่องของสีส่งผลให้มีความน่ารับประทานมากขึ้น

และค่าสีเหลือง (Yellowness, b*) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสาน วิธีการหมักทั้ง 3 วิธี มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 11.63, 11.71 และ 11.29 ตามลำดับ จากนั้นในวันที่ 1-4 ของทุกวิธีการหมัก มีค่า b* ลดลงตามระยะเวลาการหมัก โดยวันที่ 4 ของกระบวนการหมักวิธีที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ในขณะเดียวกันวิธีการหมักวิธีที่ 3 มีค่า b* ต่ำกว่า มีค่าเท่ากับ 7.40 ($P<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ คมแขและอังคนา (2558) รายงานว่าค่าสีที่ตรวจพบในไส้กรอกอีสานที่ทำให้เกิดกระบวนการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ มีค่าความสว่าง (L*) ของทุกกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้น ค่าสีแดง (a*) ลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก ส่วนค่าสีที่ตรวจพบในไส้กรอกอีสานที่ทำให้เกิดกระบวนการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง มีค่าความสว่าง (L*) ในกลุ่มควบคุมลดลงจากวันเริ่มต้น ค่าสีแดง (a*) มีค่าเพิ่มขึ้นทุกวัน และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก นอกจากนี้ Bowser *et al.* (2014) รายงานว่าค่าสีแดง (a*) ที่สูงขึ้นเป็นผลมาจากการก่อตัวของ nitrosylmyoglobin ที่เกิดขึ้นภายใต้สภาวะที่มีกรดอ่อนที่ทำปฏิกิริยากับ myoglobin กับไนไตรท์

2.2.1.3 ค่าความสดใส (Chroma)

การศึกษาค่าความสดใสของไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแตกต่างกัน 3 วิธี 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน 2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และ 3) บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน ค่าความสดใสเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความอิ่มตัวของสี มีค่าอยู่ในช่วง 0-60 (ตารางที่ 4.20) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสานมีค่าไม่แตกต่างกันทั้ง 3 วิธี มีค่าเท่ากับ 12.24, 12.34 และ 11.91 ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการหมักวิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการหมัก แต่วิธีการหมักอีก 2 วิธี มีค่าลดลงตามระยะเวลาการหมัก โดยวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน มีค่าต่ำสุด (9.80) หมายความว่าไส้กรอกอีสานมีสีซีดจาง (เทา) ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอดคล้องกับการศึกษาของ Bowser *et al.* (2014) กล่าวว่าเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ไส้กรอกเนื้อแกะมีค่าความสดใสลดลงโดย Sanchez-Escalante *et al.* (2003) รายงานว่า myoglobin และ oxymyoglobin มีการออกซิเดชันและนำไปสู่การเกิดสีน้ำตาลของ metmyoglobin ทำให้มีค่าสีลดลง (ค่า chroma ต่ำ) และ Hernandez-Hernandez *et al.* (2009) รายงานว่าค่าสีแดงในเม็ดสีของเนื้อเกิดการออกซิไดซ์ทำให้ค่า chroma ลดลง

2.2.1.4 ค่าองศาของสี (Hue angle)

การศึกษาค่าองศาของสีของไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแตกต่างกัน 3 วิธี คือ 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน 2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และ 3) บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (ตารางที่ 4.20) ซึ่งค่าองศาของสีเป็นค่าที่แสดงถึงสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็นชัด ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศาเซลเซียส โดยแต่ละช่วงแสดงสีแตกต่างกันพบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสานมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 วิธี ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 71.79, 71.74 และ 71.47 ตามลำดับ แสดงว่าไส้กรอกอีสานแสดงถึงสีส้มแดงถึงเหลือง (มีแนวโน้มเข้าใกล้สีเหลือง) จากนั้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าองศาของสีลดลงทั้ง 3 วิธีการหมัก โดยวันที่ 4 ของวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศมีค่าองศาของสีต่ำสุด คือ 48.90 แสดงว่าไส้กรอกอีสานแสดงถึงสีส้มแดงถึงเหลือง (มีแนวโน้มเข้าใกล้สีส้มแดง) ซึ่งสอดคล้องกับค่าสีแดงและสีเหลืองที่มีค่าต่ำสุดในวันที่ 4 ของกระบวนการหมัก (ตารางที่ 4.20) มีค่าเท่ากับ 6.33 และ 7.40 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อค่าสี (CIE L*, a* และ b*) (Mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	วิธีการหมักที่แตกต่างกัน		
		แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน	แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 3 วัน	บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 4 วัน
ค่าความสว่าง (Lightness; L*)	0	$50.56 \pm 0.06^{a,A}$	$50.62 \pm 0.08^{b,A}$	$50.52 \pm 0.06^{e,A}$
	1	$49.46 \pm 0.16^{ab,B}$	$49.50 \pm 0.15^{c,B}$	$51.44 \pm 0.49^{d,A}$
	2	$48.92 \pm 0.70^{b,C}$	$51.19 \pm 0.95^{b,B}$	$54.14 \pm 0.45^{c,A}$
	3	$44.08 \pm 0.72^{c,C}$	$51.00 \pm 0.34^{b,B}$	$55.31 \pm 0.15^{b,A}$
	4	$43.66 \pm 1.25^{c,C}$	$54.48 \pm 0.54^{a,B}$	$56.33 \pm 0.25^{a,A}$
ค่าสีแดง (Redness; a*)	0	$3.82 \pm 0.15^{c,A}$	$3.87 \pm 0.09^{d,A}$	$3.77 \pm 0.06^{b,A}$
	1	$9.46 \pm 0.21^{b,A}$	$8.93 \pm 0.68^{a,A}$	$6.67 \pm 0.47^{a,B}$
	2	$9.53 \pm 0.23^{b,A}$	$7.89 \pm 0.09^{b,B}$	$6.65 \pm 0.07^{a,C}$
	3	$9.56 \pm 0.12^{b,A}$	$7.60 \pm 0.19^{b,B}$	$6.60 \pm 0.26^{a,C}$
	4	$10.18 \pm 0.32^{a,A}$	$6.50 \pm 0.05^{c,B}$	$6.33 \pm 0.34^{a,B}$

^{a,b,c,d,e} **ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง**มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B,C} **ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน**มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	วิธีการหมักที่แตกต่างกัน		
		แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน	แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 3 วัน	บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 4 วัน
ค่าสีเหลือง (Yellowness; b*)	0	$11.63 \pm 0.14^{c,AB}$	$11.71 \pm 0.23^{b,A}$	$11.29 \pm 0.10^{a,B}$
	1	$14.14 \pm 0.61^{a,A}$	$14.23 \pm 0.45^{a,A}$	$10.52 \pm 0.85^{a,B}$
	2	$12.94 \pm 0.24^{b,A}$	$11.57 \pm 0.13^{b,B}$	$8.59 \pm 0.20^{b,C}$
	3	$12.75 \pm 0.49^{b,A}$	$11.22 \pm 0.17^{bc,B}$	$8.40 \pm 0.30^{b,C}$
	4	$12.59 \pm 0.95^{bc,A}$	$10.83 \pm 0.18^{c,A}$	$7.40 \pm 1.64^{b,B}$

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.20 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อค่าความสดใส และค่าองศาของสี (Mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	วิธีการหมักที่แตกต่างกัน		
		แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน	แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 3 วัน	บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 4 วัน
ค่าความสดใส (Chroma)	0	$12.24 \pm 0.09^{c,A}$	$12.34 \pm 0.22^{c,A}$	$11.91 \pm 0.11^{b,A}$
	1	$17.02 \pm 0.58^{a,A}$	$16.81 \pm 0.74^{a,A}$	$12.47 \pm 0.95^{a,B}$
	2	$16.07 \pm 0.31^{ab,A}$	$14.01 \pm 0.15^{b,B}$	$10.86 \pm 0.18^{bc,C}$
	3	$15.94 \pm 0.34^{b,A}$	$13.56 \pm 0.11^{b,B}$	$10.69 \pm 0.24^{bc,C}$
	4	$16.21 \pm 0.87^{ab,A}$	$12.63 \pm 0.15^{c,B}$	$9.80 \pm 1.09^{c,C}$
ค่าองศาของสี (Hue angle)	0	$71.79 \pm 0.85^{a,A}$	$71.74 \pm 0.43^{a,A}$	$71.47 \pm 0.19^{a,A}$
	1	$56.22 \pm 0.96^{b,A}$	$57.93 \pm 1.22^{b,A}$	$57.57 \pm 1.09^{b,A}$
	2	$53.62 \pm 0.39^{c,B}$	$55.61 \pm 0.07^{c,A}$	$52.26 \pm 0.54^{bc,C}$
	3	$53.08 \pm 1.36^{cd,B}$	$55.89 \pm 0.99^{c,A}$	$51.80 \pm 1.73^{bc,B}$
	4	$50.94 \pm 2.20^{d,AB}$	$59.05 \pm 0.51^{b,A}$	$48.90 \pm 1.69^{c,B}$

^{a,b,c,d} **ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมี**ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B,C} **ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมี**ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.2.1.5 ค่าการสูญเสียน้ำหนัก (% Weight loss)

การศึกษาค่าการสูญเสียน้ำหนักของไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแตกต่างกัน 3 วิธี คือ 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน 2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และ 3) บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (ตารางที่ 4.21) พบว่าในวันที่ 1 ของการหมักไส้กรอกอีสาน วิธีการหมักวิธีที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 5.43 และ 5.90% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศเป็นเวลา 4 วัน ที่มีค่าต่ำกว่า มีค่าเท่ากับ 0.24% ($P<0.05$) จากนั้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น โดยวันที่ 4 ของวิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีค่าการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด (15.11%) และวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศเป็นเวลา 4 วัน มีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด (3.68%) ($P<0.05$) ซึ่งวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศเป็นเวลา 4 วัน ส่งผลดีต่อการผลิตเชิงการค้าเนื่องจากมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เหมาะสมต่อผู้ประกอบการรายเล็กและรายย่อยในการผลิตไส้กรอกอีสานต่อไป ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Doungkhwan *et al.* (2017) กล่าวว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักของการหมักไส้กรอกอีสานแบบแขวน มีค่าการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ 8.20, 11.28 และ 14.93% ตามลำดับ ในวันที่ 1, 2 และ 3 ของกระบวนการหมัก และ Visessanguan *et al.* (2004) รายงานว่าค่าความเป็นกรดด่างที่ต่ำมีผลต่อการย่อยสลายของโปรตีนในเนื้อจึงไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้เป็นผลทำให้น้ำเยิ้มออกมาเป็นปริมาณมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างกระบวนการหมัก (Mean ± SD)

ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	วิธีการหมักที่แตกต่างกัน		
	แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน	แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 3 วัน	บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 4 วัน
1	$5.43 \pm 0.30^{d,A}$	$5.90 \pm 0.16^{b,A}$	$0.24 \pm 0.24^{b,B}$
2	$8.26 \pm 0.50^{c,A}$	$6.59 \pm 0.41^{ab,B}$	$1.77 \pm 0.81^{b,C}$
3	$11.15 \pm 0.24^{b,A}$	$7.44 \pm 0.46^{a,B}$	$2.02 \pm 0.09^{ab,C}$
4	$15.11 \pm 1.02^{a,A}$	$7.20 \pm 0.62^{a,B}$	$3.68 \pm 1.33^{a,C}$

^{a,b,c,d} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.2.1.6 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture profile analysis)

การศึกษาค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแตกต่างกัน 3 วิธี คือ 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน 2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และ 3) บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (ตารางที่ 4.22) พบว่าค่าความแข็ง (Hardness, N) ในวันที่ 1 และ 4 ของกระบวนการหมักทุกวิธีมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยวิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีความแข็งมากที่สุด โดยวันที่ 1 มีค่าเท่ากับ 10.91 และวันที่ 4 มีค่าเท่ากับ 21.67 รองลงมาวิธีการหมักที่ 2 และ 3 มีค่าความแข็งต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับค่าการสูญเสียน้ำหนักในตารางที่ 4.21 พบว่าวิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งขึ้น

ค่าการเกาะตัวกัน (Cohesiveness, ratio) พบว่าวันที่ 1 ของวิธีการหมักของไส้กรอกอีสานทุกกลุ่มทดลองมีค่าไม่แตกต่างกัน มีค่าอยู่ในช่วง 0.46-0.48 ($P>0.05$) และในวันที่ 4 ทุกวิธีการหมักมีค่าสูงขึ้น โดยวิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีค่าสูงสุด (0.54) และวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน มีค่าต่ำสุด (0.48) ($P<0.05$)

ค่าความเหนียวคล้ายยาง (Gumminess, N) พบว่าวันที่ 1 ของกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานวิธีที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 5.22 และ 4.61 แต่แตกต่างกับวิธีการหมักวิธีที่ 3 ที่มีค่าต่ำกว่า มีค่าเท่ากับ 8.56 ($P<0.05$) จากนั้นเมื่อสิ้นสุดการหมัก (วันที่ 4) วิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีค่าสูงสุด (11.14) และวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน มีค่าต่ำสุด (5.36) ($P<0.05$)

ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio) พบว่าวันที่ 1 และ 4 ของกระบวนการหมักทั้ง 3 วิธี มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.55-0.60

และค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, Nmm) พบว่าในวันที่ 1 ของกระบวน การหมักไส้กรอกอีสานวิธีที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 2.89 และ 2.68 แต่แตกต่างกับวิธีการหมักวิธีที่ 3 ที่มีค่าต่ำกว่า มีค่าเท่ากับ 1.84 โดยวันที่ 4 ของทุกวิธีการหมักมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งวิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีค่าสูงสุด (6.73) และวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน มีค่าต่ำสุด (3.09) ($P<0.05$) ซึ่งวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมใกล้เคียงกันกับตารางที่ 4.12 ของไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture profile analysis) (Mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	วิธีการหมักที่แตกต่างกัน		
		แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน	แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 3 วัน	บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 4 วัน
ค่าความแข็ง (Hardness, N)	1	$10.91 \pm 0.20^{b,A}$	$10.31 \pm 0.34^{b,B}$	$6.24 \pm 0.37^{b,C}$
	4	$21.67 \pm 0.20^{a,A}$	$17.10 \pm 0.27^{a,B}$	$11.27 \pm 0.80^{a,C}$
ค่าการเกาะตัวกัน (Cohesiveness, ratio)	1	$0.48 \pm 0.01^{b,A}$	$0.46 \pm 0.03^{b,A}$	$0.48 \pm 0.01^{a,A}$
	4	$0.54 \pm 0.01^{a,A}$	$0.50 \pm 0.01^{a,B}$	$0.48 \pm 0.01^{a,C}$
ค่าความเหนียวคล้ายยาง (Gumminess, N)	1	$5.22 \pm 0.17^{b,A}$	$4.61 \pm 0.54^{b,A}$	$8.56 \pm 0.13^{b,B}$
	4	$11.14 \pm 0.78^{a,A}$	$8.56 \pm 0.13^{a,B}$	$5.36 \pm 0.60^{a,C}$
ค่าความยืดหยุ่น (Springiness, ratio)	1	$0.55 \pm 0.04^{a,A}$	$0.56 \pm 0.03^{a,A}$	$0.60 \pm 0.03^{a,A}$
	4	$0.60 \pm 0.02^{a,A}$	$0.57 \pm 0.01^{a,A}$	$0.57 \pm 0.02^{a,A}$
ค่าความยากในการเคี้ยว (Chewiness, Nmm)	1	$2.89 \pm 0.26^{b,A}$	$2.68 \pm 0.51^{b,A}$	$1.84 \pm 0.19^{b,B}$
	4	$6.73 \pm 0.62^{a,A}$	$4.89 \pm 0.08^{a,B}$	$3.09 \pm 0.44^{a,C}$

^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.2.2 คุณภาพด้านชีวภาพต่อวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี

2.2.2.1 จำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก

การศึกษาจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกของไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแตกต่างกัน 3 วิธี คือ 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน 2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และ 3) บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (ตารางที่ 4.23) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสานวิธีการหมักทั้ง 3 วิธี มีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าอยู่ในช่วง 4.08-4.14 log cfu/g โดยวิธีการหมักวิธีที่ 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าสูงกว่ากระบวนการหมักวิธีที่ 1 ($P<0.05$) สอดคล้องกับค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดในตารางที่ 4.28 จากนั้นในวันที่ 1 ของทุกวิธีการหมักมีจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกเพิ่มสูงขึ้นอย่างน้อย 2 log cfu/g หลังจากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆในทุกวิธีการหมัก จากนั้นเมื่อสิ้นสุดการหมัก (วันที่ 4) วิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน มีค่าสูงสุด (8.79 log cfu/g) และวิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีค่าต่ำสุด (8.32 log cfu/g) ($P<0.05$) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกตลอดระยะเวลาการหมัก 4 วัน เนื่องจากไส้กรอกอีสานเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แบบหมักเปรี้ยวที่เกิดจากการหมักตามธรรมชาติ เมื่อจุลินทรีย์เกิดการหมักจะทำให้มีค่าความเป็นกรดด่างลดลง ได้แก่ กลุ่ม homofermentative cocci เช่น *P. cerevisiae*, *P. pentosaceus* และ *P. acidilactici* เติบโตไปพร้อมกับ heterofermentative lactobacilli ได้แก่ *L. bravis* และ *L. plantarum* สามารถยับยั้งการเจริญและการงอกของสปอร์ของจุลินทรีย์ก่อโรคได้ (วารุณี, 2545; Azam *et al.*, 2017)

2.2.2.2 จำนวนยีสต์ รา

การศึกษาจำนวนยีสต์ของไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแตกต่างกัน 3 วิธี คือ 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน 2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และ 3) บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (ภาพที่ 4.1) พบว่าจำนวนยีสต์ในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสานทุกวิธีการหมักมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) จากนั้นเมื่อระยะการหมักเพิ่มขึ้นทุกวิธีการหมักมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยวิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีจำนวนยีสต์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมักจาก 2.53 เป็น 3.34 log cfu/g อันเนื่องมาจากยีสต์เจริญได้ดีในสภาวะที่มีออกซิเจน ในขณะที่วิธีการหมักวิธีที่ 2 มีจำนวนยีสต์เพิ่มสูงขึ้น จาก 2.61 เป็น 3.07 log cfu/g ในวันแรกจนถึงวันที่ 2 ของกระบวนการหมัก และลดลงในวันที่ 3 แต่วันที่ 4 ยังตรวจพบจำนวนยีสต์อยู่ (2.77 log cfu/g) อันเนื่องมาจากวิธีการหมักวิธีนี้มีการนำไส้กรอกไปแขวนเป็นเวลา 1 วัน ทำให้มีจำนวนยีสต์สูงอยู่ ถึงแม้นำไปบรรจุถุงสุญญากาศแล้วก็ตาม ส่วนวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน มีจำนวนยีสต์สูงขึ้น และค่อยๆลดลง โดยวันที่ 4 ของกระบวน การหมักตรวจไม่พบจำนวนยีสต์ มีค่าต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ (<1 cfu/g) ส่วนรา (ตารางที่ 4.24) ตรวจไม่พบในทุกวิธีการหมัก ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกอีสาน (2546) รายงานว่ายีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 cfu/g

นอกจากนี้การทดลองของ กฤษณา และคณะ (2552) รายงานว่าจำนวนยีสต์จากการหมักไส้กรอกอีสานแบบบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง มีจำนวนเพิ่มขึ้นจากวันแรก 1 log cfu/g เป็น 2 log cfu/g หลังการหมัก 2 วัน โดยยีสต์เพิ่มจำนวนขึ้นได้เนื่องจากเจริญในสภาวะที่ความเป็นกรด

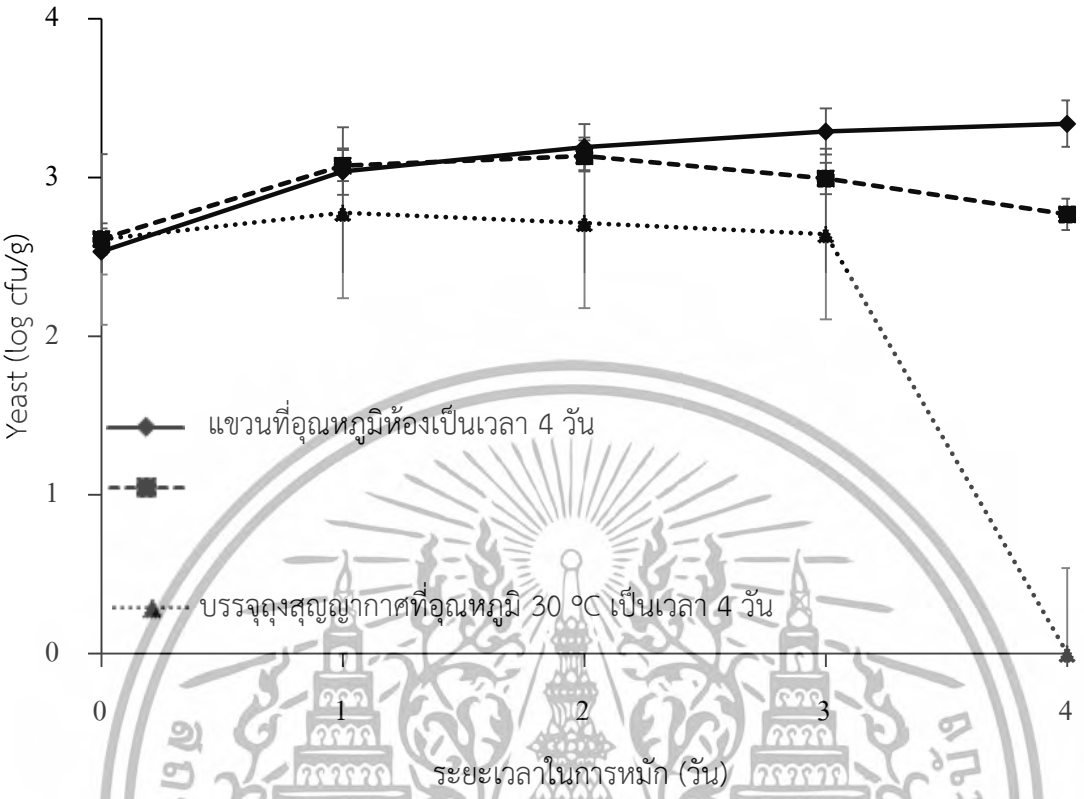
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด่างดีกว่าแบคทีเรียเช่นเดียวกัน ซึ่งผลการทดลองการเปรียบเทียบวิธีการหมักไส้กรอกอีสานทั้ง 3 วิธี พบว่าไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแบบแขวน เป็นเวลา 4 วัน มีจำนวนยีสต์มากกว่าไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักโดยการบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน เหตุผลเนื่องจากยีสต์และราชอบเจริญในสภาวะที่มีออกซิเจน สอดคล้องกับการศึกษาของ คมแขและอังคนา (2558) กล่าวว่าวิธีการหมักไส้กรอกอีสานแบบแขวน เป็นเวลา 4 วัน ในกลุ่มควบคุมมีจำนวนยีสต์มากสุด คือ 4.78 log cfu/g และวิธีการหมักไส้กรอกอีสานแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน จำนวนยีสต์ที่ตรวจพบน้อยกว่า 1 cfu/g ในวันที่ 3 และ 4 ของกระบวนการหมัก เช่นเดียวกับการศึกษาของ Doungkhwan *et al.* (2017) รายงานว่าวิธีการหมักไส้กรอกอีสานแบบแขวนมีจำนวนยีสต์เพิ่มสูงขึ้นจาก 3.05 เป็น 3.93 log cfu/g เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก

2.2.2.3 จำนวน Coliform

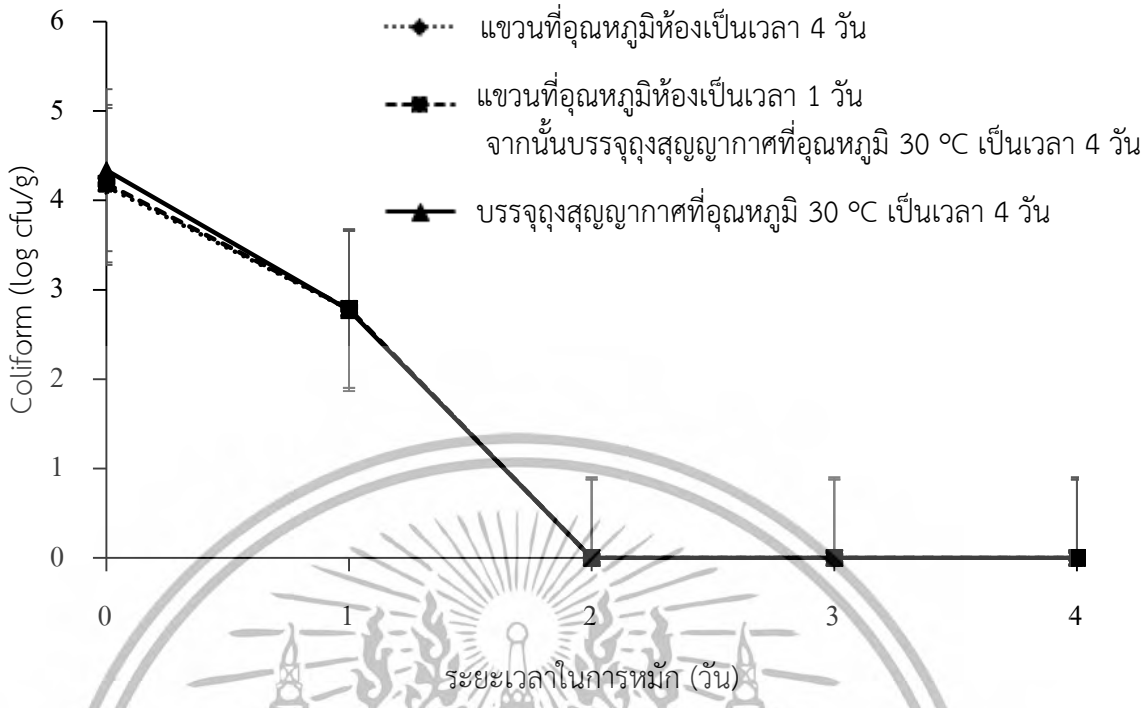
การศึกษาจำนวน Coliform ของไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแตกต่างกัน 3 วิธี คือ 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน 2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และ 3) บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (ภาพที่ 4.2) พบว่าในวันแรกของการผลิตไส้กรอกอีสานทุกวิธีการหมักมีจำนวน Coliform ใกล้เคียงกัน แต่วิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน มีจำนวนมากกว่ากระบวนการหมักวิธีที่ 1 ($P<0.05$) มีค่าเท่ากับ 4.34 log cfu/g จากนั้นวันที่ 1 ของทุกวิธีการหมักมีจำนวน Coliform ลดลงอย่างน้อย 2 log cfu/g ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 2.78, 2.79 และ 2.77 log cfu/g โดยวันที่ 2-4 ของกระบวนการหมักตรวจไม่พบจำนวน Coliform ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ (<1 cfu/g) เป็นผลมาจากค่าความเป็นกรดด่างลดลง และมีปริมารกรดที่เพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 4.18) รวมทั้งการเจริญของแบคทีเรียกรดแลกติกที่เพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 4.23) ทำให้มีการสร้างกรดออกมาเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ โดย Chevallier *et al.* (2006) รายงานว่าในวันแรกที่มีจำนวน Coliform ค่อนข้างสูงอาจเป็นเพราะเชื้อเหล่านี้ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ ไส้บรรจุ สอดคล้องกับการศึกษาของ Doungkhwan *et al.* (2017) รายงานว่าวิธีการหมักแบบแขวน และวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ มีจำนวน Coliform เริ่มต้น 3.33-3.42 log cfu/g จากนั้นเมื่อกระบวนการหมักผ่านไป 1 วัน มีจำนวนลดลง 1 log cfu/g และวันที่ 2 ของกระบวนการหมักตรวจไม่พบเชื้อดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าตรวจนับได้ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 cfu/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อจำนวนยีสต์ (log cfu/g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อจำนวน Coliform (log cfu/g)

2.2.2.4 จำนวน *E. coli*, *Salmonella* spp. และ *S. aureus*

การศึกษาวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน 2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และ 3) บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน ต่อจำนวนเชื้อ *E. coli* (ตารางที่ 4.24) และจำนวนเชื้อ *S. aureus* (ตารางที่ 4.25) พบว่าตลอดระยะเวลาการหมักตรวจไม่พบเชื้อดังกล่าว ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ (<1 cfu/g) และจำนวนเชื้อ *Salmonella* spp. ตรวจไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม (ตารางที่ 4.25) นอกจากนี้ Visessanguan *et al*. (2006); Chokesajjawatee *et al*. (2009) รายงานว่ามีการตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. และ *S. aureus* ในไส้กรอกอีสานโดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อ *S. aureus* เป็นเชื้อที่ทนต่อเกลือไนไตรท์สามารถสร้างสารพิษที่ทนความร้อนออกมาในอาหารในระหว่างการเจริญเติบโต (González-Fandos *et al*., 1999; Schelin *et al*., 2011; Holck *et al*., 2017) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกอีสานหมู (2546) รายงานว่าต้องไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. ในตัวอย่าง 25 กรัม และเชื้อ *S. aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก (Mean ± SD)

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	วิธีการหมักที่แตกต่างกัน		
		แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน	แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 3 วัน	บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 4 วัน
Lactic acid bacteria (log cfu/g)	0	$4.08 \pm 0.01^{e,B}$	$4.12 \pm 0.01^{e,A}$	$4.14 \pm 0.01^{e,A}$
	1	$6.24 \pm 0.01^{d,B}$	$6.26 \pm 0.02^{d,B}$	$7.01 \pm 0.02^{d,A}$
	2	$7.94 \pm 0.03^{c,B}$	$8.13 \pm 0.11^{c,A}$	$8.28 \pm 0.01^{c,A}$
	3	$8.24 \pm 0.02^{b,B}$	$8.35 \pm 0.04^{b,A}$	$8.38 \pm 0.02^{b,A}$
	4	$8.32 \pm 0.01^{a,C}$	$8.57 \pm 0.03^{a,B}$	$8.79 \pm 0.05^{a,A}$

^{a,b,c,d,e} **ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ** ($P<0.05$)

^{A,B,C} **ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ** ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.24 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อจำนวนรา และเชื้อ *E. coli*

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	วิธีการหมักที่แตกต่างกัน		
		แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน	แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 3 วัน	บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 4 วัน
Mold (cfu/g)	0	<1[¥]	<1	<1
	1	<1	<1	<1
	2	<1	<1	<1
	3	<1	<1	<1
	4	<1	<1	<1
E. coli (cfu/g)	0	<1	<1	<1
	1	<1	<1	<1
	2	<1	<1	<1
	3	<1	<1	<1
	4	<1	<1	<1

[¥] <1 cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

ตารางที่ 4.25 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อจำนวนเชื้อ *S. aureus* และ *Salmonella* spp.

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	วิธีการหมักที่แตกต่างกัน		
		แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน	แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 3 วัน	บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 4 วัน
S. aureus (cfu/g)	0	<1[¥]	<1	<1
	1	<1	<1	<1
	2	<1	<1	<1
	3	<1	<1	<1
	4	<1	<1	<1
Salmonella spp. (per 25 g)	0	ND	ND	ND
	1	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND

[¥]<1 cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

ND = Not detected (ตรวจไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม)

2.2.3 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสต่อวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่มีวิธีการหมักแตกต่างกัน 3 วิธี คือ 1) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน 2) แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และ 3) บรรจุถุงสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน โดยทดสอบ 6 ลักษณะได้แก่ สี ลักษณะปรากฏ กลิ่นเปรี้ยว รสชาติเปรี้ยว ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ทำการประเมินโดยวิธี Consumer test ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 7 ระดับ (7-Point hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 50 คน (ตารางที่ 4.26) พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อไส้กรอกอีสานในด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นเปรี้ยว รสชาติเปรี้ยว ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของทุกวิธีการหมักไม่แตกต่างกันทางสถิติ อาจเนื่องมาจากค่าความเป็นกรดด่างของไส้กรอกอีสานทุกวิธีการหมักไม่แตกต่างกันมากนัก ทำให้ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างกันออกได้

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกันส่งผลให้วิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น รวมถึงค่าความยากในการเคี้ยว และความเหนียวคลายยาง ส่วนด้านสีของไส้กรอกอีสานแต่ละกลุ่มมีค่าความสว่าง (L*) และค่าสีแดง (a*) แตกต่างกันของไส้กรอกอีสานก่อนนำมาอบ

แต่เมื่อนำมาทำให้สุกด้วยวิธีการอบ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่มีวิธีการหมักแบบแขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน มีคะแนนความชอบสูงกว่า คือ 5.35 แสดงว่าผู้บริโภคชอบและมีแนวโน้มถึงชอบมาก ซึ่งสอดคล้องกับค่าสีแดง (a*) ที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูน่ารับประทานมากขึ้น และกลุ่มที่มีวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน มีสีซีดกว่า มีคะแนนความชอบเท่ากับ 5.02 แสดงว่าผู้บริโภคชอบและมีแนวโน้มถึงชอบมากเช่นเดียวกัน แต่วิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ เป็นเวลา 4 วัน ให้ผลดีในด้านการสูญเสียน้ำหนักที่น้อยกว่ากลุ่มอื่น อีกทั้งความเปรี้ยว รสชาติเปรี้ยว มีความสม่ำเสมอ โดยทุกวิธีการหมักเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 ผลของวิธีการหมักไส้กรอกอีสานที่แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Mean ± SD)

คุณลักษณะที่ประเมิน	วิธีการหมักที่แตกต่างกัน		
	แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน	แขวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 ºC เป็นเวลา 3 วัน	บรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 ºC เป็นเวลา 4 วัน
สี[NS]	5.38 ± 0.91	5.24 ± 0.80	5.02 ± 0.87
ลักษณะปรากฏ[NS]	5.31 ± 0.87	5.11 ± 0.78	5.09 ± 0.85
กลิ่นเปรี้ยว[NS]	5.22 ± 1.11	5.04 ± 0.90	5.07 ± 0.99
รสชาติเปรี้ยว[NS]	5.33 ± 1.22	5.09 ± 0.85	5.11 ± 0.98
ลักษณะเนื้อสัมผัส[NS]	5.33 ± 0.93	5.13 ± 0.97	5.29 ± 0.79
ความชอบโดยรวม[NS]	5.51 ± 1.01	5.31 ± 0.67	5.49 ± 0.59

[NS] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ระดับคะแนนความชอบ โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบ 4 = เฉยๆ 5 = ชอบ 6 = ชอบมาก และ 7= ชอบมากที่สุด

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 องค์ประกอบทางโภชนาการของข้าวไร่พื้นเมืองจังหวัดชุมพร จำนวน 10 สายพันธุ์ พบว่าพันธุ์ที่มีความชื้น คาร์โบไฮเดรต พลังงาน โปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงสุด คือ ข้าวกล้องพันธุ์แม่ผึ้ง นางดำ เล็บนก กาดำต้นดำ สามเดือน และเล็บมือนาง ส่วนข้าวไร่พันธุ์ที่มีความชื้น คาร์โบไฮเดรต พลังงาน โปรตีน ไขมัน และเถ้าต่ำสุด คือ ข้าวกล้องดอกขาม ข้าวกล้องกาดำต้นดำ ข้าวกล้องแม่ผึ้ง ข้าวกล้องนางดำ ข้าวขาวสามเดือน และข้าวกล้องเล็บนก

ส่วนฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกของข้าวไร่ พบว่าข้าวกล้องดอกขามมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH, ABTS, Reducing power และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด อีกทั้งมีความสามารถในการทนต่อความร้อนเป็นผลทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเป็นข้าวหุงสุก ส่วนข้าวกล้องดอกข่า และข้าวกล้องนางดำ มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระรองลงมาตามลำดับ ซึ่งข้าวพันธุ์ดังกล่าวเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่ดี ช่วยในการเสริมสร้างสุขภาพและช่วยลดภาวะเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆที่มีสาเหตุมาจากอนุมูลอิสระเหมาะสำหรับในการนำไปใช้ประโยชน์ร่วมกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยทำเป็นอาหารหมักเนื้อเพื่อสุขภาพ

5.1.2 คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกขาม และข้าวกล้องดอกข่า เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิ พบว่าไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ไม่แตกต่างกัน ซึ่งข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ให้ผลดีกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ส่วนฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในไส้กรอกอีสานสุกพบว่าไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามมีค่าสูงสุด รองลงมาเป็นกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกข่า และข้าวกล้องนางดำ ซึ่งมีค่าสูงกว่าไส้กรอกอีสานกลุ่มใช้ข้าวหอมมะลิ ทั้งในระหว่างกระบวนการหมักและการเก็บรักษา ทั้งนี้ไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวกล้องดอกขามมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสามารถทำเป็นอาหารหมักเนื้อเพื่อสุขภาพได้ อีกทั้งให้สีแดงจากรงควัตถุจากธรรมชาติสามารถนำข้าวกล้องดอกขามมาทดแทนการใช้ไนไตรท์ที่เป็นวัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารหมักได้

5.1.3 ในด้านความปลอดภัยและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยข้าวกล้องดอกขามที่มีวิธีการหมักแตกต่างกัน ผลของวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วันให้ผลดีสุด เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการหมักสั้น ผลิตภัณฑ์มีความเปรี้ยวเร็ว เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือผู้ประกอบการรายย่อยต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้ข้าวต่างชนิดกันในการผลิตไส้กรอกอีสานต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ มีค่าไม่แตกต่างกัน มีเพียงแต่คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระเท่านั้นที่บ่งบอกได้ว่ามีคุณประโยชน์มากน้อยเพียงใด ดังนั้นควรมีการศึกษาต่อไปในรูปแบบของการนำข้าวมาใช้ในรูปแบบใหม่ โดยผ่านกระบวนทำเป็นข้าวกล้องงอกและนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน เนื่องจากมีสาร gamma amino butyric acid (GABA) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพซึ่งเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 สามารถส่งเสริมเกษตรกรที่ปลูกข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการปรับปรุงกลยุทธ์ด้านการผลิตข้าวไร่อินทรีย์ซึ่งเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางการตลาดให้มีความยั่งยืนและมั่นคงในอาชีพ

5.2.3 สามารถนำข้อมูลไปประกอบในการพัฒนาการใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ร่วมกับผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ในรูปแบบต่างๆ เพื่อเป็นการปรับเปลี่ยนสินค้าเกษตรเป็นสินค้าที่มีศักยภาพยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตงานวิจัย

6.1 นักศึกษาปริญญาโท

นายภานุพงษ์ ดวงขวัญ วิทยานิพนธ์หัวข้อ “ศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ของประเทศไทย และการนำมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน”

6.2 บทความวิจัย

6 . 2 . 1 Panupong Doungkhwan, Piyada Tavitchasri, Chamroon Laosinwattana, Nualphan Ngamyeesoon and Komkhae Pilasombut. 2017. Comparison of fermentation process in Thai fermented pork sausage (I-San sausage) on quality and safety. International Journal of Agricultural Technology. 13(7.3): 2205-2217.

6.2.2 ภานุพงษ์ ดวงขวัญ คมแข พลาสมบัติ จำรูญ เล้าสินวัฒนา และปิยะดา ทวิชศรี. 2561. การใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ของประเทศไทยต่อคุณภาพของไส้กรอกอีสาน. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 6. 18-19 มิถุนายน 2561, โรงแรมรามาการ์เด้นส์ กรุงเทพ. 12-18.

6.2.3 ภานุพงษ์ ดวงขวัญ คมแข พลาสมบัติ จำรูญ เล้าสินวัฒนา และปิยะดา ทวิชศรี. 2561. ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิดกันเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 6. 18-19 มิถุนายน 2561, โรงแรมรามาการ์เด้นส์ กรุงเทพ. 33-38.

6.3 การเผยแพร่ในระหว่างการทำงานวิจัย

จัดนิทรรศการ “ข้าวไร่-ไส้กรอก” ในงาน “ข้าวไร่ ๔ ภาค ประจำปี ๒๕๖๒” ระหว่างวันที่ 16-18 กุมภาพันธ์ 2562 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษณา ประภัสสรวัฒนา, สาวิตรี วทัญญูไพศาล และจันทร์พร ผลากรกุล. 2552. “การใช้แบคทีเรียกรดแลกติกที่สร้างสารแบคเทอริโอซินเป็นหัวเชื้อในการทำไส้กรอกเปรี้ยว.” *ใน* การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47. หน้า 516-523. กรุงเทพฯ.

กอบเกียรติ แสงนิล. 2553. กิจกรรมต้านออกซิเดชันและปริมาณ สารต้านออกซิเดชันบางชนิดในผลมะเขือ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กานต์ เหมวิหค และสุปรียา ห้องแซง. 2556. อาหารอีสาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. แสงแดด.

คณิต วิชิตพันธุ์ และลักขณา เหล่าไพบูลย์. 2551. การศึกษาวิธีการเก็บรักษาและการบรรจุหม่ำและไส้กรอกอีสานเพื่อขยายเวลาในการเก็บและคงคุณภาพหม่ำและไส้กรอกอีสาน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

คมแข พิลาสมบัติ และอังคนา ทุมดี. 2558. การใช้สารแบคเทอริโอซินและกรดแลกติกร่วมกับการบรรจุสุญญากาศเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการผลิตไส้กรอกอีสาน. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์.คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

คมแข พิลาสมบัติ. 2556. “จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับอาหารหมักเนื้อพื้นเมืองของไทย.” *ใน* เอกสารการอบรมการแปรรูปเนื้อสัตว์ครั้งที่ 5. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

คมแข พิลาสมบัติ. 2560. “ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักเปรี้ยวของไทย.” *ใน* เอกสารการอบรมการสร้างมูลค่าเพิ่มเนื้อโค. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และพรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ. 2555. “การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ” *ใน* เอกสารประกอบการอบรมการแปรรูปเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 4. ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เชาวนีพร ชีพประสพ, ฤทัยทิพย์ อโนมุณี และหาสันต์ สาเหล็ม. 2559. องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณอะไมโลส ในข้าวพันธุ์พื้นเมือง จังหวัดพัทลุง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ณิชากร ปทุมรังสรรค์. 2558. “ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมในข้าวไร่ภาคตะวันตกของไทย.” *ใน* การประชุมสวนสุนันทาวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. หน้า 395-399. กรุงเทพฯ.

ดวงพร คันธโชติ. 2536. การเปรียบเทียบวิธีการผลิตไส้กรอกอีสานด้วยวิธีธรรมชาติและการเติมสารการหมัก. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ประดิษฐ์ คำหนองไผ่, สุภาพร ร่มโพธิ์ไทร และจิระเดช มณีรัตน์. 2555. แนวทางใหม่ในการลดปริมาณมันหมูแข็งในไส้กรอกเปรี้ยว. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

ประพฤติ พรหมสมบูรณ์, ทรงศักดิ์ จันทร์อุดม, อนุสสรณ์ วิเศษสิงห์, สุธัญญา พรหมสมบูรณ์ และ คัชชา กาญจนจันทร์. 2559. “การรวบรวมพันธุ์และศึกษาลักษณะทางการเกษตรของข้าว (*Oryza sativa* L.) พันธุ์พื้นเมืองไทย.” วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 34(3): 126-132.

ประสงค์ เทียนบุญ. 2553. บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระกับสุขภาพ.” วารสารคลินิกอาหารและโภชนาการ. 4(2): 69-76.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผาณิต รุจิรพิสิฐ, วิชชุดา สังข์แก้ว และเสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์. 2555. “คุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์.” วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43(2): 173-176.

พงศธร ล้อสุวรรณ, จิตศิริ รัชตนพันธุ์ และศศิธร จันทนวรางกูร. 2551. “สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้.” *ใน* การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2526. หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 303 หน้า.

ร่วมจิตร นกเขา. 2559. ข้าวไร่. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://upland-rice.blogsport.com/?m=1. [สืบค้นวันที่ 21 กรกฎาคม 2559].

รัชนี คงคาฉุยฉาย, ริญ เจริญศิริ, อรวรรณ กริ่งเกษมศรี, อภิชาต วรรณวิจิตร และศิริพัฒ์ เรืองพยัคฆ์. 2551. “ปริมาณธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง วิตะมินอี เบต้าแคโรทีน และลูทีน ในข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากแหล่งต่าง ๆ ของประเทศไทย.” วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 40(2): 13-32.

รุจริน ลิ้มศุภวานิช และ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2555. ผลิตภัณฑ์เนื้อประเภทต่าง ๆ. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://extension.dld.go.th/th1/index.php?option=comcontent&view= article&= 219:2012-03-12-08-54-01&catid=49:2012-03-05-10-24-38&Itemid=40. [สืบค้นวันที่ 8 กันยายน 2559].

วันวิสาข์ คำทวี, เอนก ศรีสุวรรณ และ วาสนา ภานุรักษ์. 2558. “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองพื้นที่อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา.” *ใน* การประชุมวิชาการนิสิตนักศึกษาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. นครราชสีมา.

วาริน แสงกิติโกมล, เทวิน เทนคำเนาว์ และอฑิตยา โรจนสโรส. 2551. “การเปรียบเทียบปริมาณรวมสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวแดง ข้าวสีนิล และข้าวเหนียวดำ.” วารสารโภชนาการ. 43(2): 25-34.

วารุณี ประดิษฐ์ศรีกลุ. 2545. เทคโนโลยีการหมักดอง. คณะวิชาเทคโนโลยีการอาหาร วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยาหันตรา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. พระนครศรีอยุธยา.

ศรัณย์ ลาภนิธิพร, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. 2555. “องค์ประกอบทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะม่วงหิมพานต์.” วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43(2): 409-412.

ศศิวิมล ชื่นอิ่ม อาเหม็ด และ อดิศร เสวตวิวัฒน์. 2555. “การใช้ประโยชน์และการตรวจหาแบคทีเรียแลคติคในอาหาร.” วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 23(1): 88-101.

ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว. 2557. สารต้านอนุมูลอิสระในข้าว. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

สมทรง โชติชื่น, อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ, สกุล มูลคำ, จรัญจิต เพ็งรัตน์, นิธิศ แสงอรุณ และสำเริง แซ่ตัน. 2559. “คุณค่าทางโภชนาการของข้าวพื้นเมืองไทยบางพันธุ์.” *ใน* การประชุมวิชาการข้าว กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคกลางและตะวันตก และกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคตะวันออก. ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี กรมการข้าว กองวิจัยและพัฒนาข้าว. สุพรรณบุรี.

สัญชัย ยอดมณี. 2552. “คุณภาพของข้าวพื้นเมืองมีสีภาคใต้ของประเทศไทย.” วิทยานิพนธ์ระดับวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 144/2546. ไส้กรอกอีสาน.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุนันทา ทองทา. 2556. การพัฒนาข้าวขึ้นรูปกึ่งสำเร็จรูปเพื่ออาหารสุขภาพ. รายงานการวิจัย. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. จุลชีววิทยาทางอาหาร. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุรางค์รัตน์ แดงจิระ. 2558. “องค์ประกอบทางเคมี การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของบอนหอม.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

อมรรัตน์ ถนนแก้ว, อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี และสุริยา เทพหนู. 2558. หมู่บ้านผลิตข้าวสังข์หยดแบบครบวงจรสู่ความยั่งยืน. รายงานฉบับสมบูรณ์. คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชนมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัจฉรา นิยมเดชา และ มงคล คงเสน. 2557. “วิตามินและแร่ธาตุต่อบทบาทการเป็นสารแอนติออกซิแดนท์และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันโรคสำหรับสัตว์.” วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 6(1): 120-131.

อัจฉรา เพิ่ม. 2550. แบคทีเรียแลคติก. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

โอภา วัชระคุปต์. 2550. สารต้านอนุมูลอิสระ. กรุงเทพฯ: นิวไทยมิตรการพิมพ์.

Alvarez-Parrilla, E., Mercado-Mercado, G., De La Rosa, L.A., López Díaz, J.A., Wall-Medrano, A. and González-Aguilar G.A. 2014. “Antioxidant activity and prevention of pork meat lipid oxidation using traditional mexican condiments (pasilla dry pepper, *achiote*, and mole sauce).” Food Science and Technology. 34(2): 371-378.

Ammor, S., Tauveron, G., Duforu, E. and Chevallier, I. 2006. “Antibacterial activity of lactic acid bacteria against spoilage and pathogenic bacteria isolated from the same meat small-scale facility: 1-screening and characterization of the antibacterial compounds.” Food Control. 17: 454-461.

AOAC. 1984. AOAC Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. AOAC international. 14th Ed. Wasington DC: AOAC international.

AOAC. 2005. Chapter 17 AOAC Official Method 940.36B. p. 2. *In* Horwitz, W. and Latimer, G.W. Official methods of analysis of AOAC international. USA: AOAC international.

AOAC. 2006. Chapter 17 AOAC Official Method 966.23c-24. p. 5-6. *In* Horwitz, W. and Latimer, G.W. Official methods of analysis of AOAC international. Maryland: AOAC international.

Azam, M., Mohsin, M., Ijaz, H., Tulain, U.R., Ashraf, M.A., Fayyaz, A., Abadeen, Z. and Kamran, Q. 2017. “Lactic acid bacteria in traditional fermented Asian foods.” Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences. 30(5): 1803-1814.

Bagdatli, A. and Kundakci, A. 2016. “Optimization of compositional and structural properties in probiotic sausage production.” Journal of Food Science and Technology. 53(3): 1679-1689.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BAM. 2007. Bacteriological Analytical Manual online, Chapter 5 *Salmonella*. [Online]. Available: https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm070149.htm. [23/07/2017].

BAM. 2016. Bacteriological Analytical Manual online, Chapter 12 *Staphylococcus aureus*. [Online].Available: https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm071429.htm. [23/07/2017].

Bowser, T.J., Mwavita, M., Al-sakini, A., Mcglynn, W. and Maness, N.O. 2014. "Quality and shelf life of fermented lamb meat sausage with rosemary extract." The Open Food Science Journal. 8: 22-31.

Bozkurt, H. and Bayram, M. 2006. "Color and textural attributes of sucuk during ripening." Meat Science. 73(2): 344-350.

Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M.D.L., Páez-Hernández, M.E., Rodriguez, J.A. and Gálan-Vidal, C.A. 2009. "Chemical studies of anthocyanins." Food Chemistry. 113: 859-871.

Cavalheiro, C.P., Piovesa, N., Terra, L.D.M., Lovato, M., Terra, N.N. and Fries, L.L.M. 2013. "Colorimetric and sensory characteristics of fermented cured sausage with Brazilian ostrich meat addition." Food Science and Technology. 33(4): 660-665.

Chattopadhyay, K. and Chattopadhyay, B.D. 2008. "Effect of nicotine on lipid profile, peroxidation & antioxidant enzymes in female rats with restricted dietary protein." Indian Journal of Medical Research. 127: 571-576.

Chen, Q., Kong, B., Sun, Q., Dong, F. and Liu, Q. 2015. "Antioxidant potential of a unique LAB culture isolated from Harbin dry sausage: *in vitro* and in a sausage model." Meat Science. 110: 180-188.

Chen, X.Q., Nagao, N., Itani, T. and Irifune, K. 2012. "Anti-oxidative analysis, and identification and quantification of anthocyanin pigments in different color red rice." Food Chemistry. 135: 2783-2788.

Chevallier, I., Ammor, S., Laguet, A., Labayle, S., Castanet, V., Dufour, E. and Talon, R. 2006. "Microbial ecology of a small-scale facility producing traditional dry sausage." Food Control. 17(6): 446-453.

Choi, Y., Jeong, H.S. and Lee, J. 2007. "Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea." Food Chemistry. 103(1): 130-138.

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

Choola-aied, O., Nokkoul, R. and Dejmanee, S. 2012. "Alpha-tocopherol in Thai rice from chumphon province using high performance liquid chromatography." Pure and Applied Chemistry International Conference 2012 (PACCON 2012). 738-740.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cleveland, J., Montville, T.J., Nes, I.F. and Chikindas, M.L. 2001. "Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation." International Journal of Food Microbiology. 71: 1-20.

De Vuyst, L. and Vandamme, E. 1994. "Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria: Microbiology." *In* De Vuyst, L. and Vandamme, E. J. (Eds.). Bacteriocins of lactic acid bacteria: microbiology, genetics and applications. Blackie Academic and Profession. London. England.

Doungkhwan, P., Tavitchasri, P., Laosinwattana, C., Ngamyeesoon, N. and Pilasombut, K. 2017. "Comparison of fermentation process in Thai fermented pork sausage (I-san sausage) on quality and safety." International Journal of Agricultural Technology. 13(7.3): 2205-2217.

Ebrahimzadeh, M.A., Nabavi, S.F., Nabavi, S.M., Eslami, B. and Asgarirad, H. 2010. "Antioxidant and antihemolytic activity of allium paradoxum." Central European Journal of Biology. 5(3): 338-345.

Ebrahimzadeh, M.A., Pourmorad, F. and Hafezi, S. 2008. "Antioxidant activities of Iranian corn silk." Turkish Journal of Biology. 32: 43-49.

Escribano-Bailón, M.T., Santos-Buelga, C. and Rivas-Gonzalo, J.C. 2004. "Anthocyanins in cereals". Journal of Chromatography A. 1054: 129-141.

Friedrich, J.E. 2001. "Tritratable Activity of Acid Tastants." Current Protocols in Food Analytical Chemistry. John Wiley and sons, Tnc, Cargill Incorporated Minneapolis, Minesota.

Gharibzahedi, S.M.T. and Mohammadnabi, S. 2017. "Effect of novel bioactive edible coatings based on jujube gum and nettle oil-loaded nano emulsions on the shelf-life of Beluga sturge on fillets." International Journal of Biological Macromolecules. 95:769-777.

González-Fandos, M.E., Sierra, M., García-lopez, M.L., García-fernández, M.C. and Otero, A. 1999. "The influence of manufacturing and drying conditions on the survival and toxinogenesis of *Staphylococcus aureus* in two Spanish dry sausages (chorizo and salchichón)." Meat Science. 52(4): 411-419.

Gülçin, I. 2012. "Antioxidant activity of food constituents: an overview." Archives of Toxicology. 86: 345-391.

Halliwell, B. 2009. "The wanderings of a free radical." Free Radical Biology and Medicine. 46: 531-542.

Hernandez-Hernandez, E., Ponce-Alquicira, E., Jaramillo-Flores, M.E. and Guerrero Legarreta, I. 2009 "Antioxidant effect of rosemary (*Rosmarinusofficinalis* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) extracts on TBARS and color of model raw pork batters." Meat Science. 81(2): 410-417.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Holck, A., Axelsson, L., McLeod, A., Mari Rode, T. and Heir E. 2017. “Health and safety considerations of fermented sausages.” Journal of Food Quality. Article ID 9753894.

Hongthong, N., Chumngoen, W. and Tan, F.J. 2016. “Influence of sucrose level and inoculation of *Lactobacillus plantarum* on the physicochemical, textural, microbiological, and sensory characteristics of Isan sausage (Thai fermented pork sausage).” Animal Science Journal. 1-22.

Huang, B., He, J., Ban. X., Zeng, H., Yao, X. and Wang, Y. 2011. “Antioxidant activity of bovine and porcine meat treated with extracts from edible lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome knot and leaf.” Meat Science. 87: 46-53.

Iqbal, S., Bhanger, M.I. and Anwar, F. 2005. “Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan.” Food Chemistry. 93: 265-272.

Jiang, J. and Xiong, Y.L. 2016. “Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review.” Meat Science. 120: 107-117.

Jindaprasert, A., Jirajaroenrat, K. and Swetwiwathana. 2014. “Chang in physico-chemical properties of Thai fermented sausage (Isan sausage) inoculated with *Weisellacibaria* SI 21.” Proceeding of the 5th meat science and technology 25-26 July, Faculty of agricultural technology, KMITL.

Ju, M.G., Kim, J.H., Jang, H.J., Yeon, S.J., Hong, G.E., Park, W., Seo, H.G. and Lee, C.H. 2016. “Changes of physicochemical and sensory properties of fermented sausage from sulfur-fed pork.” Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 36(6): 729-736.

Jung, S., Choe, J.H., Kim, B., Yun, H., Kruk., Z.A. and Jo, C. 2010. “Effect of dietary mixture of gallic acid and linoleic acid on antioxidative potential and quality of breast meat from broilers.” Meat Science. 86: 520–526.

Khem, S., Young, O.A., Robertson, J. D. and Brooks, J.D. 2013. “Development of model fermented fish sausage from marine species: A pilot physicochemical study.” Food and Nutrition Sciences. 4: 1229-1238.

Kim, T.K., Kim, Y.B., Jeon, K.H., Park, J.D., Sung, J.M., Choi, H.W. and Choi, Y.S. 2017. “Effect of fermented spinach as sources of pre-converted nitrite on color development of cured pork loin.” Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 37(1): 105-113.

Kusznierewicz, B., Smiechowska, A., Bartoszek, A. and Namiesnik, J. 2008. “The effect of heating and fermenting in antioxidant properties of white callage.” Food Chemistry. 108(3): 853-861.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ledesma, E., Laca, A., Rendueles, M., and Díaz, M. 2016. “Texture, color and optical characteristics of a meat product depending on smoking time and casing type.” LWT-Food Science and Technology. 65: 164-172.

Liu, L., Guo, J., Zhang, R., Wei, Z., Deng, Y., Guo, J. and Zhang, M. 2015. “Effect of degree of milling on phenolic profiles and cellular antioxidant activity of whole brown rice.” Food Chemistry. 185: 318-325.

Lohalaksanadech, S. and Kachenpakdee, N. 2011. “Study on shelf life of fried softshell crab.” Journal of Fisheries Technology Research. 5(2): 105-110.

Loypimai, P., Moongngarm, A. and Naksawat, S. 2017. “Application of natural colorant from black rice bran for fermented Thai pork sausage-Sai Krok Isan.” International Food Research Journal. 24(4): 1529-1537.

Luengthanaphol, S., Mongkholkhajornsilp, D., Douglas, S., Douglas, P., Pengsopa L. and Pongamphai, S. 2004. “Extraction of antioxidants from sweet Thai tamarind seed coat preliminary experiments.” Journal Food Engineering. 63: 247-252.

Mau, J.L., Lee, C.C., Chen, Y.P. and Lin, S.D. 2017. “Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chiffon cake prepared with black rice as replacement for wheat flour.” LWT - Food Science and Technology. 75: 434-439.

Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1987. Sensory evaluation techniques. Florida. CRC Press.

Mejri, L., Vásquez-Villanueva, R., Hassouna, M., Marina, M.L. and García, M.C. 2017. “Identification of peptides with antioxidant and antihypertensive capacities by RP-HPLC-Q-TOF-MS in dry fermented camel sausages inoculated with different starter cultures and ripening times.” Food Research International. 100: 708-716.

Mielnik, M.B., Olsen, E., Vogt, G., Adeline, D. and Skrede, G. 2006. “Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat.” LWT - Food Science and Technology. 39: 191-198.

Nabavi, S.M., Ebrahimzadeh, M.A., Nabavi, S.F., Hamidinia, A. and Bekhradnia, A.R. 2008. “Determination of antioxidant activity, phenol and flavonoids content of Parrotia persica Mey.” Pharmacology online. 2:560-567.

Nediani, M.T., García, L., Saavedra, L., Martínez, S., Alzogaray S.L. and Fadda, S. 2017. “Adding value to goat meat: biochemical and technological characterization of autochthonous lactic acid bacteria to achieve high-quality fermented sausages.” Microorganisms. 5(26): 1-17.

Oko, A.O., Ubi, B.E and Dambaba, N. 2012. “Rice cooking quality and physico-chemical characteristics: a comparative analysis of selected local and newly introduced rice varieties in Ebonyi state, Nigeria.” Food and Public Health. 2(1): 43-49.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Pan, W.H., Yeh, N.H., Yang, R.Y., Lin, W.H., Wu, W.C., Yeh, W.T., Sung, M.K., Lee, S.H., Chang, S.J., Huang, C.J., Lin, B.F. and Chiang, M.T. 2017. "Vegetable, fruit, and phytonutrient consumption patterns in Taiwan." Journal of Food and Drug Analysis. 26(1): 145-153.

Paukatong, K.V. and Kunawasen, S. 2001. "The hazard analysis and critical control points (HACCP) generic model for the production of Thai pork sausage (Nham)." Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift. 114. 1-4.

Phalakornkule, C. and Tanasupawat, S. 2006. "Characterization of lactic acid bacteria from traditional Thai fermented sausages." Journal of Culture Collections. 5: 46-56.

Pringsulaka, O., Patarasinpaiboon, N., Suwannasai, N., Atthakor. W. and Rangsiruji, A. 2011. "Isolation and characterisation of a novel Podoviridae-phage infecting *Weissellacibaria* N 22 from Nham, a Thai fermented pork sausage." Food Microbiology. 28: 518-525.

Qiu, C., Sun, W., Cui1, C. and Zhao, M. 2012. "Effect of sugar level on physicochemical, biochemical characteristics and proteolysis properties of cantonese sausage during processing." Journal of Food Quality. 35: 34-42.

Qwele, K., Hugo, A., Oyedemi, S.O., Moyo, B., Masika, P.J. and Muchenje, V. 2013. "Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats supplemented with Moringa (*Moringa oleifera*) leaves, sunflower cake and grass hay." Meat Science. 93: 455-462.

Rai, K.P., Zhang, C. and Xia, W.S. 2010. "Effects of pure starter cultures on physico-chemical and sensory quality of dry fermented Chinese-style sausage." Journal of Food Science and Technology. 47(2): 188-194.

Rantsiou, K. and Cocolin, L. 2008. "Fermented meat products." 91-118 pp. *In* Cocolin, L. and Ercolini, D. (Ed.). Molecular techniques in the microbial ecology of fermented foods. Italy. Springer New York.

Ratanaburee, A., Kantachote, D., Kantachote, W. and Sukhoom, A. 2013. "Enhancement of γ-aminobutyric acid (GABA) in Nham (Thai fermented pork sausage) using starter cultures of *Lactobacillus namurensis* NH2 and *Pediococcus pentosaceus* HN8." International Journal of Food Microbiology. 167: 170-176.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. 1999. "Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay." Free Radical Biology and Medicine. 26: 1231-1237.

Rizki, H., Kzaiber, F., Elharfi, M., Nablousi, A., Ennahli, S. and Hanine, H. 2015. "Assessment of antioxidant capacity of 16 cultivars of sesame (Sesamum indicum.L) from different areas." International Journal of Innovation and Scientific Research. 18(2): 379-385.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Saithong, P., Panthavee, W., Boonyaratanakornkit, M. and Sikkhamondhol, C. 2010. "Use of a starter culture of lactic acid bacteria in plaa-som, a Thai fermented fish." Journal of Bioscience and Bioengineering. 110(5): 553-557.

Sanchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltran, J.A. and Roncales, P. 2003. "Antioxidant action of borage, rosemary, oregano, and ascorbic acid in beef patties packaged in modified atmosphere." Journal of Food Science. 68: 339-344.

Sancho, R.A.S. and MariaPastore, G. 2012. "Evaluation of the effects of anthocyanins in type 2 diabetes." Food Research International. 46(1): 378-390.

Schelin, J., Wallin-Carlquist, N., Cohn, M.T., Lindqvist, R., Barker, G.C. and Radström, P. 2011. "The formation of *Staphylococcus aureus* enterotoxin in food environments and advances in risk assessment." Virulence. 2(6): 580-592.

Shahdadi, F., Mirzaei, H.O. and Daraei Garmakhany, A. 2015. "Study of phenolic compound and antioxidant activity of date fruit as a function of ripening stages and drying process." Journal of Food Science and Technology. 52(3). 1814-1819.

Shamberger, R.J., Shamber, B.A. and Willis, C.E. 1977. "Malonaldehyde content of food." Journal of Nutrition. 107: 1404-1409.

Shao, Y., Hu, Z., Yu, Y., Mou, R., Zhu, Z. and Beta, T. 2018. "Phenolic acids, anthocyanins, proanthocyanidins, antioxidant activity, minerals and their correlations in non-pigmented, red, and black rice." Food Chemistry. 239: 733–741.

Shirwaikar, A., Rajendran, K. and Punitha, I.S.R. 2006. "In vitro antioxidant studies on the benzyl tetra-tsoquinoline alkaloid berberine." Biological and Pharmaceutical Bulletin. 29(9): 1906-1910.

Shokrzadeh, M. and Ebadi, A.G. 2006. "Study of antioxidative activity in four kinds of cultivated rice grains of Mazandaran province (Iran)." Pakistan Journal of Biological Sciences. 9(14): 2723-2725.

Siddhuraju, P., Mohan, P.S. and Becker, K. 2002. "Studies on the antioxidant activity of Indian Laburnum (*Cassia fistula* L.): a preliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers and fruit pulp." Food Chemistry. 79: 61-67.

Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., LinsbergerMartin, G., and Berghofer, E. 2011. "Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri lanka." Food Chemistry. 124: 132-140.

Sriphochanart, W. and Skolpap, W. 2011. "The use of selected lactic acid bacteria starter cultures for improved Thai sausage fermentation." Journal of Food Processing and Preservation. 35(3): 291-298.

Sriphochanart, W., Skolpap, W., Scharer, J.M., Moo-Young, M. and Douglas, P.L. 2011. "Effect of amino acid requirements on the growth and lactic acid production of *Pediococcus acidilatici* culture." African Journal of Microbiology Research. 5: 3831-3822.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sritoomma. K. 2009. “Study on potential of local upland rice cultivars for sustainable agricultural system at chalermprakiat Nan province.” Ph. D. dissertation, in Science.

Stone, H. and Sidal, J.L. 2004. Sensory evaluation practices. Academic Press Inc., Tragon Corporation, Redwood City, 408 p.

Sucu, C. and Turp, G.Y. 2018. “The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative.” Meat Science. 140: 158-166.

Sumczynski, D., Kotásková, E., Druz-bíková, H. and Mlcek, J. 2016. “Determination of contents and antioxidant activity of free and bound phenolics compounds and *in vitro* digestibility of commercial black and red rice (*Oryza sativa* L.) varieties.” Food Chemistry. 211: 339-346.

Thomas, R., Wan-Nadiah, W.A. and Bhat, R. 2013. “Physiochemical properties, proximate composition, and cooking qualities of locally grown and imported rice varieties marketed in Penang, Malaysia.” International Food Research Journal. 20(3): 1345-1351.

Vandeputte, G.E. and Delcour, J.A. 2004. “From sucrose to starch granule to starch physical behaviour: a focus on rice starch.” Carbohydrate Polymers. 58(3): 24-266.

Vangpikul, S. and Kansandee, W. 2014. “Screening of lactic acid bacteria from Nham het for production of Nham het adding prebiotics.” Research and Development Institute, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. Nonthaburi.

Vatanyoopaisarn, S., Prapatsornwattana, K., Kuhakongkeat, T. and Phalakornkule, C. 2011. “Potential use of lactic acid bacteria with bacteriocin-like activity against *Staphylococcus aureus* as dual starter cultures in Thai fermented sausage “Sai Krok Prew”.” International Food Research Journal. 18: 697-704.

Vijayalakshmi, M. and Ruckmani, K. 2016. “Ferric reducing anti-oxidant power assay in plant extract.” Bangladesh Journal of Pharmacology. 11: 570-572.

Visessanguan, W., Benjakul, S., Riebroy, S. and Thepkasikul, P. 2004. “Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to Nham characteristics.” Meat Science. 66(3): 579-588.

Visessanguan, W., Benjakul, S., Smitinont, T., Kittikun, C., Thepkasikul, P. and Panya, A. 2006. “Changes in microbiological, biochemical and physicochemical properties of Nham inoculated with different inoculum levels of *Lactobacillus curvatus.*” LWT- Food Science and Technology. 39(7): 814-826.

Wanangkarn, A., Liu, D.C., Swetwiwathana, A. and Tan, F.J. 2012. “An innovative method for the preparation of mum (Thai fermented sausages) with acceptable technological quality and extended shelf-life.” Food Chemistry. 135(2): 515-521.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wanangkarn, A., Liu, D.C., Swetwiwathana, A., Jindaprasert, A., Phraephaisarn, C., Chumnqoen, W. and Tan, F.J. 2014. "Lactic acid bacterial population dynamics during fermentation and storage of Thai fermented sausage according to restriction fragment length polymorphism analysis." International Journal of Food Microbiology. 186: 6-67.

Yilmaz, I. and Murat Velioglu, H. 2009. Fermented meat products. Trivandrum: Keraia India.

Yim, D.G., Jang, K.H. and Chung, K.U. 2015. "Effect of GdL addition on physico-chemical properties of fermented sausages during ripening." Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 35(3): 322-329.

Yodmanee, S., Karrila, T.T. and Pakdeechanuan, P. 2011. "Physical, chemical and antioxidant properties of pigmented rice grown in southern Thailand." International Food Research Journal. 18: 901-906.

Yongjin, H., Wenshui, X. and Changrong, G. 2006. "Effect of mixed starter cultures fermentation on the characteristics of silver carp sausages." World Journal of Microbiology and Biotechnology. 23: 1021-1031.

Zakpaa, H.D., Lmbeah, C.M. and Mensah, M.E.E. 2009. "Microbial characterization of fermented meat products on some selected markets in the Kumasi metropolis, Ghana." African Journal of Food Science. 3(1): 340-346.

Zhang, W., Xiao, S., Samaraweera, H., Lee, E.J. and Ahn, D. 2010. "Improving functional value of meat products." Meat Science. 86: 15-31.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

(หลักฐานเอกสารอ้างอิงของผลผลิตงานวิจัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 นักศึกษาปริญญาโท

นายภานุพงษ์ ดวงขวัญ วิทยานิพนธ์หัวข้อ “ศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ของประเทศไทย และการนำมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน”

ศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ของประเทศไทย และการนำมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน

STUDY ON ANTIOXIDANT PROPERTIES OF LOCAL UPLAND RICE IN SOUTHERN PART OF THAILAND AND APPLICATION IN E-SAN SAUSAGE

ภานุพงษ์ ดวงขวัญ
PANUPONG DOUNGKHWAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2561
KMITL-2018-AG-M-031-281

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**ศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ของประเทศไทย และการนำมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน**
นักศึกษา	**นายภานุพงษ์ ดวงขวัญ**
รหัสประจำตัว	59604035
ปริญญา	**วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต**
สาขาวิชา	**สัตวศาสตร์**
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.คมแข พิลาสมบัติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะดา ทวิชศรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือศึกษาการใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ในการผลิตไส้กรอกอีสานเพื่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพและความปลอดภัย ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวพื้นเมืองภาคใต้ทั้ง 6 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวขัดขาวสามเดือน ข้าวกล้องสามเดือน ข้าวกล้องนางดำ ข้าวกล้องดอกข่า ข้าวกล้องสังข์หยด และข้าวกล้องดอกขาม ในการผลิตไส้กรอกอีสานเปรียบเทียบกับข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป และ ไส้กรอกอีสานทางการค้า ในการทดสอบไส้กรอกอีสานดิบพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมต่อไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องนางดำสูงสุด ส่วนในไส้กรอกอีสานสุกผู้บริโภคให้คะแนนความชอบ โดยรวมใน ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องนางดำมากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่ใช้ข้าวกล้องดอกข่า และข้าวกล้องสังข์หยด ตามลำดับ ส่วนการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ทั้ง 6 สายพันธุ์ข้างต้น โดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging capacity (DPPH) radical scavenging activity, 2,2'-azinobis (3-ethyl benzo thiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical cation scavenging activity, reducing power และ total phenolic content พบว่าสารสกัดข้าวดิบและข้าวหุงสุกของข้าวกล้องดอกขามมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด รองลงมาคือข้าวกล้องดอกข่า และข้าวกล้องนางดำ ตามลำดับ นอกจากนี้ข้าวกล้องดอกขาม ข้าวกล้องนางดำ และข้าวกล้องดอกข่า มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ดังนั้นข้าวพันธุ์ดังกล่าวจึงถูกเลือกไปศึกษาในการนำไปใช้ประโยชน์ในไส้กรอกอีสานที่มีต่อ**คุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเปรียบเทียบกับข้าวหอมมะลิ พบว่าไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกสูงกว่าข้าวหอมมะลิ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยค่าความเป็นกรดด่างต่ำ และปริมาณกรด**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ($P<0.05$) ส่งผลให้กระบวนการหมักเกิดได้เร็วกว่า ค่าสีแดงสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ($P<0.05$) และตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคในทุกกลุ่มทดลอง ค่าการออกซิเดชันของไขมันภายหลังกระบวนการหมักผ่านไป 4 วัน ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องนางคำมีค่าต่ำกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ ($P<0.05$) นอกจากนี้ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ทั้ง 3 สายพันธุ์มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวหอมมะลิ ($P<0.05$) โดยไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุดในระหว่างกระบวนการหมักและการเก็บรักษา จากนั้นทำการศึกษาคุณภาพและความปลอดภัยของไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องดอกขามที่มีวิธีการหมักแตกต่างกันต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน ให้ผลดีสุดเนื่องจากใช้ระยะเวลาในการหมักสั้น สูญเสียน้ำหนักน้อย เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือผู้ประกอบการรายย่อยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. บทความวิจัย

2.1 Panupong Doungkhwan, Piyada Tavitchasri, Chamroon Laosinwattana, Nualphan Ngamyeesoon and Komkhae Pilasombut. 2017. Comparison of fermentation process in Thai fermented pork sausage (I-San sausage) on quality and safety. International Journal of Agricultural Technology. 13(7.3): 2205-2217.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Journal of Agricultural Technology
Association of Agricultural Technology in Southeast Asia (AATSEA)

Volume13, Number7.3, December 2017

Table of contents

Animal, Fishery Science and Entomology

Chuenban S., S. Bumroongsook and S. Tigvattananont - Observation on *Trilocha varians* (Lepidoptera: Bombycidae). 2189-2195

Danarun S., S. Bumroongsook and S. Tigvattananont - Biology of *Pergesa acteus* (Lepidoptera: Sphingidae). 2197-2204

Doungkliwan, P., Tavichasri, P., Laosinwattana, C., Ngamyeesoon, N. and Pilasombut, K. - Comparison of Fermentation Process in Thai Fermented Pork Sausage (I-San Sausage) on Quality and Safety. 2205-2217

Bancherd Somsupharp, Sairung Somsupharp and Hans-Uwe Dahms - Effect of Dry Giant Mimosa Leaves Pellet on Digestibility Efficiency and Skin Colour in Ornamental Fish. 2219-2227

Eugene Yolanda F. Irang and Alvin I. Reyes - Assessment of the Inhibitory effect of Selected Medicinal Plants Against *Aeromonas Sobria* in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). 2229-2248

Isagani P. Angeles, Jr., Laila M. Gallego, Mark Alvin M. Navarro and Yew-Hu Chien - Dietary Effects of Quillaja Saponaria and Yucca Schidigera Extract on Rearing Performance of Nile Tilapia *Oreochromis Niloticus* L. and Its Antioxidant Capacity and Metabolic Response Following Hypoxic Stress. 2249-2266

Kritima Sarapothong, Jarongsak Pumnuan and Ammorn Insung - Acaricidal Toxicity of Nano Essential Oil of Black Pepper against African Red Mite (*Eutetranychus africanus* (Tucker)). 2267-2274

Names J. and Tigvattananont S. - *Bactrocera* (*Bactrocera*) *tuberculata* (Bezzi) reported as pest attacking fruit of Tumin wood, (*Careya sphaerica*) in Thailand. 2275-2280

Pattiyan J. C., J. V. Dumale G. R. Gamoso and C. C. Divina - Phytochemical Analysis, Larvicidal Activity and Cytotoxic Properties of Malvarosa (*Pelargonium graveolens*) Leaf Extract. 2281-2295

Pattiyan, J.C, A.B. Gumayagay and C.C. Divina - Influence of *Theobroma cacao* on the Sexual Aggression of Fighting Fish (*Betta splendens*). 2297-2306

Peerapat Nuipaspet, Jarongsak Pumnuan and Ammorn Insung - Acaricidal Properties of Star Anise (*Illicium verum* Hook.f.) Essential Oil against House Dust Mite [*Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart)]. 2307-2315

Somsupharp, S. and Dahms, HU. - Effect of Frozen Zooplankton Feed on Growth and Reproductive Performance of Crayfish (*Procambarus clarkii*). 2317-2324

Biological Sciences

Anan Lersutthichawan, Sorasa Ruammungsri, Wanida Duangkongsan, and Kanjana Seetiew - Induced Mutation of Chrysanthemum by Colchicine. 2325-2332

Detpiratmongkol, S., Liphan, S. and Yeosukyingsataporn, S. - Effects of different planting dates on growth and yield of kalmegh. 2333-2340

Lordmer DG. Pader, Crista Joyce G.C. Banson, Wilma Angelou P. Pranilla, Kate Jocel D. Barroga, Nelson D. Morales Jr., Lamy O. Martin, Alessandra P. Cumbe, Naja Francesca S. Medel, Zedrick A. Ventura, Zosimo G. Battad, And Khristina G. Judan Cruz - DNA Barcoding of Chiropterans at Minalungao National Park, Nueva Ecija, Philippines. 2341-2344

Luangvaree, P., Suwannarat, Y., Chimliang, T. and Puttame, K. - Effect of Pork Belly and Broiler Chicken Meat on the Quality of Herb Sai Oua (Spicy Thai Herb Sausage). 2345-2353

Maureen B. Gajeton, Excel Rio S. Mayiem, Eufrocina P. Atabay, Edwin C. Atabay, Ma. Elizabeth D. Leoveras, Angeles M. De Leon - Fertilization and Subsequent development of Bovine Embryos Following In-vitro fertilization in commercially-prepared medium. 2355-2365

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.3): 2205-2217
Available online http://www.ijat-aatsea.com
ISSN 1686-9141

Comparison of Fermentation Process in Thai Fermented Pork Sausage (I-San Sausage) on Quality and Safety

Panupong Doungkhwan[1], Piyada Tavitchasri[2], Chamroon Laosinwattana[3], Nualphan Ngamyeesoon[3] and Komkhae Pilasombut[1*]

[1]Department of Animal Production Technology and Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand; [2]Department of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon province, Chumphon 86160, Thailand; [3]Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.

Doungkhwan, P., Tavitchasri, P., Laosinwattana, C., Ngamyeesoon, N. and Pilasombut, K. (2017). Comparison of Fermentation Process in Thai Fermented Pork Sausage (I-San Sausage) on Quality and Safety. International Journal of Agricultural Technology 13(7.3): 2205-2217.

The comparison of different fermentation process for I-san sausage was demonstrated in 5 conditions as follow 1) Hang at room temperature for 3 day 2) incubation 37°C for 3 day 3) vacuum 37°C for 3 day 4) incubation 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature and 5) vacuum 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature. The pH value, total acidity percentage, weight loss percentage, lactic acid bacteria, coliform/*Escherichia coli* and yeast/mold were analyzed. The results showed that the pH value declined rapidly from 5.97-5.99 to 4.35-5.16 during fermentation for 3 day in all methods. The pH reduction corresponded to an increase in total acidity from 0.35-0.38% to 0.73-1.17%. The lowest pH value and the highest total acidity found in I-san sausage incubation 37°C for 3 days. The weight loss of fermenting I-san sausage generally decrease as the fermentation time increased. As the fermentation process, I-san sausage hang at room temperature for 3 day had the greatest weight loss (14.93%) but I-san sausage with fermentation condition at incubation 37°C for 3 day or vacuum 37°C for 3 day displayed the lowest weight loss value as 3.94 and 3.22%, respectively. The lactic acid bacteria count at day 3 increased in all methods with value between 7.31-7.81 log cfu/g on day 3. The highest population of lactic acid bacteria was found in fermentation condition with 37°C incubation for 3 days (7.81 log cfu /g). The count of yeast/mold in all methods had no differences (P>0.05) on day 1-3 of fermentation. The coliform decreased on day 1 and displayed low limit of detection. The detection of *Escherichia coli* on day 0-3 of fermentation in all methods was no differences (P>0.05) with undetectable level.

Keywords: Thai fermented pork sausage (I-san sausages), fermentation process

* **Coressponding Author:** Komkhae Pilasombut; **E-mail address:** Komkhae.pi@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Introduction

I-san sausage or Sai krok Prew (Traditional, Thai fermented meat-rice sausages) is a very popular meat product in Thailand (Vatanyoopaisarn *et al*., 2011; Sriphochanart and Skolpap, 2011). I-san sausage is usually made of pork 50%, pork lard 30%, cooked rice 20% and food additives, mixed well and stuffed tightly in edible casing. It is fermented in room temperature at normally 30˚C for 2-3 days and cooked before eating (Phromraksa *et al*., 2004; Phalakornkule and Tanasupawat, 2006). In Thailand, most of the production is in the household itself (Phromraksa *et al*., 2004; Sriphochanart *et al*., 2011). Generally, the fermentation process of Thai fermented sausages with rice as food ingredient induce lactic acid bacteria which helps to control pathogen as it may come from raw materials (Azam *et al*., 2017). The most important microorganisms during the spontaneous fermentation are lactic acid bacteria such as *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus cerevisiae* with have been shown to become the dominant microorganisms (Malti and Amarouch, 2008; Rantsiou and Cocolin, 2008; Axelsson *et al*., 2012; Vangpikul and Kansandee, 2014; Tamang *et al*., 2016). Unfortunately, the conventional process of Thai fermentation sausage production has difficulties with unstable product quality and health risks on pathogenic disease (Sriphochanart and Skolpap, 2011). The occurrence of pathogen such as *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Clostridium botulinum* and *Listeria monocytogenes* were found in fermented pork sausage (Visessanguan *et al*., 2006; Chokesajjawatee *et al*., 2009; Yörük and Güner, 2017). The bacterium, *S. aureus*, a salt-and nitrite-tolerant microorganism, is also able to grow under anaerobic conditions and produce toxins (González-Fandos *et al*., 1999; Hui *et al*., 2004; Schelin *et al*., 2011; Holck *et al*., 2017). Therefore, a novel process of sausage fermentation has been developed in I-san sausage. There are several ways for I-san sausage production. Especially, in fermentation stage such as hanging at room temperature, vacuum and incubation process (Phalakornkule and Tanasupawat, 2006). However, some manufacturers were experiencing problems in producing of process, or quality in consistent taste, contamination and mold growth surface on I-san sausage during fermented (Holck *et al*., 2017).

The purpose of this study was to compare different methods during I-san sausage fermentation for better product acceptable both in quality and safety.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.3): 2205-2217

Materials and Methods

Formulations and processing in I-sausage

The preparation procedures used to make I-san sausage are described in Phromraksa *et al*., (2004) and Vatanyoopaisarn *et al*., (2011) with slight modification. Freshly-manufactured I-san sausages, prepared using conventional techniques by mixing (46.27%) (w/w) of minced lean pork, (32.39%) (w/w) of minced pork lard and (13.88%) (w/w) of steamed rice with 4.63% (w/w) of finely chopped garlic, 0.38% (w/w) of pepper powder, 0.46% (w/w) of sugar, 0.09% (w/w) of sodium erythrobate, 0.23% (w/w) of monosodium glutamate, 0.28% (w/w) of trisodium polyphosphate, 0.93% (w/w) of sodium nitrate and 0.46% (w/w) of salt. The mixture was then stuffed into 2.5 cm diameter natural casing and tied with thread. Each piece of fresh sausages was of 3 cm in length. Fresh sausages were fermented 1) hang at room temperature for 3 day 2) incubation 37°C for 3 day 3) vacuum 37°C for 3 day 4) incubation 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature and 5) vacuum 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature. Samples were taken at day 0, 1, 2 and 3 for chemical, physical and microbial analysis.

Physical and chemical analysis

pH

Direct pH measurement was taken using a standard pH meter Mettler Toledo 320 (Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland).

Total acidity

Total acidity of I-san sausage was determined according to the method of (Friedrich, 2001). 2 g of samples were homogenized with 20 ml distilled water. The homogenate was centrifuged at 4000g for 5 min. The supernatant was filtered through filter paper (Whatman No. 1). The filtrate was titrated with standardised 0.1N Sodiumhydroxide (NaOH) (Sigma, Germany) with Phenolph- thalein (Sigma, Germany) as the indicator.

Weight loss

Weight loss was determined as described by Nakao *et al*., (1991). I-san sausage with casing was accurately weighed before fermentation. During fermentation process, I-san sausage was taken and then reweighed. Difference in weight of I-san sausage before (A) and after (B) fermentation was referred to as weight loss.

$$\text{Weight loss (\%)} = (A-B) \times 100 / A$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Microbial analysis

Twenty-five grams of each I-san sausage sample was aseptically transferred to a sterile plastic bag containing 225 ml of 0.85% sodium chloride (NaCl) (Merck, Germany) for 1 min and homogenized in a stomacher bag mixer (400 model VW, France) to get the 10^{-1} dilutions. Then, 1 ml of these 10^{-1} dilutions was pipetted into a test tube containing 9 ml of 0.85% sodium chloride to get a 10^{-2} dilution. This step was repeated to get 10^{-3}, 10^{-4} and 10^{-5} dilutions. Appropriate dilutions were used for microbial enumeration. The following media and incubation conditions were used: lactic acid bacteria was determined by the spread plate method 0.1 ml of each dilution was counted on MRS agar (Merck, Germany) containing 0.5% calcium carbonate ($CaCO_3$) (Merck, Germany) and then bacteria were anaerobically incubated at 30°C for 24-48 h. While coliform/*Escherichia coli* were counted on Chromocult agar (Merck, Germany) incubation at 37°C for 24-48 h. This was done according to the method presented by AOAC (2006). For determination of yeast/mold, method of AOAC (2005) was followed. 1 ml of dilution was poured plate which contained malt agar (Merck, Germany) pH 3.5 and incubation at 26°C for 3-5 days. Colonies fromming units (CFU) between 30-300 colonies were selected from each plate. Select the plate with counts forming. Microbial colonies were counted and expressed as $\log_{10}$ cfu/g meat sample.

Statistical analyses

All experiments in this study was carried out by Randomized Complete Block Design. Mean values were compared by the Duncan's multiple range test. Statistical analysis was performed using SAS software (SAS Institute Inc., Cary, N.C.).

Results and Discussion

pH and total acidity (%)

Changes in pH and total acidity of I-san sausage during the fermentation by comparison five fermentation processes 1) Hang at room temperature for 3 day 2) incubation 37°C for 3 day 3) vacuum 37°C for 3 day 4) incubation 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature and 5) vacuum 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature were determined. The initial pH of I-san sausage was 5.97, 5.98, 5.96, 5.99 and 5.98, respectively at day 0 ($P>0.05$). The decrease in pH could be mainly due to the production of acid such as lactic acid of the lactic acid bacteria present in the I-san sausage. A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.3): 2205-2217

rapid decrease in pH was observed in fermentation method 2, 3 and 4, while pH value of I-san sausage fermentation process by hanging at room temperature was not much decline after hanging for 3 day. The lowest pH value of I-san sausage at day 3 found in fermentation by incubation 37°C for 3 day (4.35). However, It was not different (P>0.05) with fermentation process 3, 4 and 5 which showed pH value 4.47, 4.48 and 4.56, respectively. However, It was observed that pH value in I-san sausage of fermentation process 2, 3, 4 and 5 were significent lower than pH value in sausage which fermented by process 1 (hang at room temperature for 3 day). The data show in table 1.

For total acidity value of I-san sausage, after fermentation for 2-3 day, the lowest pH value of I-san sausage was corresponding to the highest total acidity in I-san sausage. The lowest pH value and the highest of total acidity was displayed in I-san sausage fermentation by incubation 37°C for 3 day 3. The total acidity in I-san sausage at the first day of all methods, was not significant different (P>0.05) as shown 0.35, 0.36, 0.35, 0.36 and 0.38%, respectively. The total acidity of all process increased after 2-3 day fermentation. The highest total acidity at 3 day fermentation was observed in fermentation process 2 (1.17%) different form after fermentation process (P>0.05) which showed value at 0.73, 1.00, 0.96 and 0.91% for process 1, 3, 4 and 5, respectively. The data show in table 2.

The results were in agreement with the literature that pH values of fermented sausages decreased sharply at the first 3 days of fermentation (Bozkurt and Bayram, 2006; Baka *et al*., 2011). The decrease in pH values of the fermented sausages correspond to the production of organic acids such as lactic acid and acetic acid by lactic acid bacteria (Komperda *et al*., 2004; Bozkurt and Bayram, 2006; Saithong *et al*., 2010). The pH fall could be related to an accumulation of organic acids, mainly lactic, present in this type of sausages as a result of carbohydrate breakdown during fermentation (Baka *et al*., 2011; Zaho *et al*., 2011; Esmaeilzaden *et al*., 2013). *Lactobacilli* are the major producers of lactic acid responsible for the decrease in pH and the increase in acidity during the fermentation (Valyasevi *et al*., 2002; Thongruck *et al*., 2017). The pH of the sausage should be lowered to 4.6 after fermentation, there by preventing the growth of other microbes, particularly foodborne bacterial pathogens such as *Staphylococcus aureus* (Chokesajjawatee *et al*., 2009; Holck *et al*., 2017; Loypimai *et al*., 2017). A pH change pattern, which consisted of a rapid decrease at first, followed by a steady or slow decrease, and then finally a rise during the processing and storage time, was observed in a Spanish dry-cured sausage (González-Fernández *et al*., 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1. Change in pH value of I-san sausage during fermentation

Fermentation process*	pH value			
	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3
1	5.97±0.05^{a,A}†,§,‡	5.83±0.18^{a,A}	5.55±0.18^{b,A}	5.16±0.29^{c,A}
2	5.98±0.04^{a,A}	5.66±0.16^{b,A}	4.68±0.03^{c,B}	4.35±0.12^{d,B}
3	5.96±0.05^{a,A}	5.74±0.22^{b,A}	4.77±0.10^{c,B}	4.47±0.11^{d,B}
4	5.99±0.05^{a,A}	5.73±0.12^{b,A}	4.73±0.07^{c,B}	4.48±0.09^{d,B}
5	5.98±0.04^{a,A}	5.78±0.15^{b,A}	4.79±0.04^{c,B}	4.56±0.05^{d,B}

* 1) Hang at room temperature for 3 day 2) incubation 37°C for 3 day 3) vacuum 37°C for 3 day 4) incubation 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature and 5) vacuum 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature.
‡ Mean values and standard deviations obtained from three independent experiments.
§ Different letters in the same row are significantly different (P<0.05).
† Different letters within a column significant difference (P<0.05).

Table 2. Change in total acidity of I-san sausage during fermentation

Fermentation process*	Total acidity (% as lactic acid)			
	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3
1	0.35±0.06^{c,A}†,§,‡	0.51±0.04^{b,B}	0.62±0.08^{ab,B}	0.73±0.02^{a,C}
2	0.36±0.05^{d,A}	0.59±0.07^{c,A}	0.87±0.09^{b,A}	1.17±0.12^{a,A}
3	0.35±0.04^{d,A}	0.64±0.07^{c,A}	0.82±0.02^{b,A}	1.00±0.11^{a,B}
4	0.36±0.02^{c,A}	0.60±0.10^{b,A}	0.84±0.05^{a,A}	0.96±0.05^{a,B}
5	0.38±0.11^{c,A}	0.60±0.07^{b,A}	0.81±0.06^{a,A}	0.91±0.04^{a,B}

* 1) Hang at room temperature for 3 day 2) incubation 37°C for 3 day 3) vacuum 37°C for 3 day 4) incubation 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature and 5) vacuum 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature.
‡ Mean values and standard deviations obtained from three independent experiments.
§ Different letters in the same row are significantly different (P<0.05).
† Different letters within a column significant difference (P<0.05).

Weight loss (%)

The results in table 3 showed that the average weight loss (%) in I-san sausage by comparison five fermentation processes 1) Hang at room temperature for 3 day 2) incubation 37°C for 3 day 3) vacuum 37°C for 3 day 4) incubation 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature and 5) vacuum 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature were determined. Weight of fermented sausage generally decreases as the fermentation time increased. The highest % weight loss in fermentation process 1 for 8.20, 11.28 and 14.53 after hanging day 1, 2 and 3, respectively. The lowest % weight loss was fermented in process 2 and 3 (3.94 and 3.22) which was not different significant (P>0.05), when compared to process 1, 4 and 5 (14.93, 8.38 and 11.90%).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.3): 2205-2217

Similar results had been reported by Visessanguan *et al.*, (2006). The result showed that the lowest % weight loss were fermentation process by incubation at 30°C for 84 h (3.14%) of Thai fermented pork sausage (Nham). Weight loss in meat products is mainly associated with loss in water and water-holding capacity (WHC) of meat. Increasing amounts of released and expressible water are possibly responsible for an increase in weight loss (Visessanguan *et al.*, 2004). Denaturation of sarcoplasmic proteins contributes to the decrease water-binding capacity of pork myofibrils (Wilson and Laack, 1999; De Luca *et al.*, 2016). Released water is generally refer to as the water retained in the casing and at the surface (Visessanguan *et al.*, 2015). In contrast, expressible water is the water remaining in the sample which can be released when pressure is applied (Funami *et al.*, 1998; Visessanguan *et al.*, 2015). An increase in expressible and released water presumably caused by denaturation of proteins during fermentation (Visessanguan *et al.*, 2004; SIrIken *et al.*, 2009).

Table 3. Change in weight loss of I-san sausage during fermentation

Fermentation process*	Weight loss (%)		
	Day 1	Day 2	Day 3
1	8.20±0.97^{a,A}‡,§	11.28±0.41^{b,A}	14.93±0.51^{c,A}
2	0.50±0.13^{b,B}	1.81±1.00^{b,B}	3.94±0.14^{a,D}
3	1.09±0.53^{b,B}	3.15±0.84^{a,B}	3.22±0.23^{a,D}
4	0.71±0.16^{b,B}	1.15±0.26^{b,B}	8.38±1.61^{a,C}
5	1.52±0.13^{b,B}	2.50±0.62^{b,B}	11.90±0.28^{a,B}

* 1) Hang at room temperature for 3 day 2) incubation 37°C for 3 day 3) vacuum 37°C for 3 day 4) incubation 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature and 5) vacuum 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature.
‡ Mean values and standard deviations obtained from three independent experiments.
§ Different letters in the same row are significantly different (P<0.05).
† Different letters within a column significant difference (P<0.05).

Microbiological analysis

The microbiological analysis in I-san sausage during the fermentation by comparison five fermentation processes 1) Hang at room temperature for 3 day 2) incubation 37°C for 3 day 3) vacuum 37°C for 3 day 4) incubation 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature and 5) vacuum 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature were determined.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lactic acid bacteria

Number of lactic acid bacteria increased during fermentation process 1-3 day. The initial number of lactic acid bacteria in I-san sausage of all fermentation process 1-5 were not significant different ($P>0.05$) as 4.22, 4.28, 4.17, 4.28 and 4.60 log cfu/g, respectively. The shorter fermentation period, the highest of number of lactic acid bacteria was observed. It was found that the lowest number of lactic acid bacteria displayed in I-san sausage with fermentation process 1 with significant difference when compare to process 2-5. The highest number of lactic acid bacteria after 3 day fermentation period demonstrated in I-san sausage with fermentation process 2 (7.81 log cfu/g). However, it was not significant different ($P>0.05$) when compared to process 3, 4 and 5 (7.66, 7.65 and 7.59 log cfu/g).

The microbiological changes during fermentation as a result of the combined effects of lowering the pH, resulting in high populations of lactic acid bacteria (Jatupornpipat and Keatikunjorn, 2007; Simion *et al.*, 2014; Yim *et al.*, 2015). The lactic acid bacteria constituted the major microflora of the sausages (7.7-8.5 log cfu/g). Because of the good adaptation to the meat condition and their faster growth rates which displayed during fermentation (Zdolec *et al.*, 2008; Zaho *et al.*, 2011). During this spontaneous fermentation, lactic acid bacteria such as *lactobacilli* and *pediococci* have been shown to become the dominant microorganisms (Malti and Amarouch, 2008).

Table 4. Number of lactic acid bacterial in I-san sausages during fermentation

Fermentation process*	Lactic acid bacterial (log cfu/g)			
	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3
1	$4.22\pm0.59^{c,A}$‡§†	$5.70\pm0.58^{b,A}$	$6.70\pm0.31^{a,B}$	$7.31\pm0.35^{a,B}$
2	$4.28\pm0.63^{c,A}$	$6.91\pm0.12^{b,A}$	$7.53\pm0.19^{a,A}$	$7.81\pm0.38^{a,A}$
3	$4.17\pm0.50^{c,A}$	$6.36\pm0.96^{b,A}$	$7.12\pm0.47^{a,AB}$	$7.66\pm0.51^{a,AB}$
4	$4.18\pm0.51^{c,A}$	$6.83\pm0.59^{b,A}$	$7.22\pm0.39^{a,A}$	$7.65\pm0.53^{a,AB}$
5	$4.16\pm0.48^{c,A}$	$6.47\pm1.10^{b,A}$	$7.40\pm0.69^{a,A}$	$7.59\pm0.45^{a,AB}$

*1) Hang at room temperature for 3 day 2) incubation 37°C for 3 day 3) vacuum 37°C for 3 day 4) incubation 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature and 5) vacuum 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature.

‡Mean values and standard deviations obtained from three independent experiments.

§ Different letters in the same row are significantly different ($P<0.05$).

† Different letters within a column significant difference ($P<0.05$).

Yeast/mold, Coliform and *Escherichia coli*

Number of yeast/mold and coliform in I-san sausage were not significant differences ($P>0.05$) in all methods. However, the coliform was not found in all methods after 2 day fermentation process. In addition, in this study *Escherichia*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.3): 2205-2217

coli displayed lower limit of detection in I-san sausage. The data show in table 5, 6 and 7.

This indicated that vacuum packaging decreased mold growth but did not completely inhibit during I-san sausage storage. Mold increase was probably due to the fact that they consumed residual oxygen in vacuum packaging (Phromraksa *et al.*, 2004). The fermentation process by vacuum 37°C for 3 day show the reduction of yeast/mold growth to 2.85 log cfu/g at day 3. Similar results have been reported by other researchers Casaburi *et al.*, (2007) who considered acidification to be the main cause of yeast/mold inhibition in dry fermented sausages. The pH drop below 4.5, which was well above the tolerance level of many yeast/mold (Malti and Amarouch, 2008).

The domination of lactic acid bacteria and the inhibition of gram negative bacteria in fermented sausages during fermentation are necessary for successful production of fermented sausages (Baka *et al.*, 2011; Esmaeilzadeh *et al.*, 2013). Enterobacteriaceae and gram negative bacteria, in general, are considered as undesirable microflora in fermented sausages (Esmaeilzadeh *et al.*, 2013). These reduction of Enterobacteriaceae are probably due to the rapid reduction of pH, acid production. The results are consistent with Roig-Sagués *et al.*, (1999) who reported that the enterobacteria counts in Spanish sausages (fuet) decreased steadily during ripening and were undetectable after ripening for 12 days. Although growth of pathogenic *Escherichia coli* during initial phases of fermented sausage production can occur, combinations of low pH and high total acidity an inhibit growth of *Escherichia coli* at the end of fermentation (Holck *et al.*, 2017).

Table 5. Number of yeast/mold in I-san sausages during fermentation.

Fermentation process*	Yeast/Mold (log cfu/g)			
	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3
1	$3.05\pm0.41^{b,A}$ ‡,§,†	$3.45\pm0.61^{ab,A}$	$3.88\pm0.80^{a,A}$	$3.93\pm0.81^{a,A}$
2	$3.03\pm0.49^{a,A}$	$3.84\pm1.10^{a,A}$	$4.05\pm1.22^{a,A}$	$4.15\pm0.96^{a,A}$
3	$3.01\pm0.51^{a,A}$	$3.28\pm1.82^{a,A}$	$3.31\pm1.55^{a,A}$	$2.85\pm1.48^{a,A}$
4	$3.04\pm0.49^{a,A}$	$3.40\pm1.31^{a,A}$	$3.74\pm0.60^{a,A}$	$3.43\pm1.29^{a,A}$
5	$2.95\pm0.57^{a,A}$	$3.14\pm0.68^{a,A}$	$3.51\pm1.00^{a,A}$	$2.98\pm0.67^{a,A}$

*1) Hang at room temperature for 3 day 2) incubation 37°C for 3 day 3) vacuum 37°C for 3 day 4) incubation 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature and 5) vacuum 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature.

‡Mean values and standard deviations obtained from three independent experiments.

§ Different letters in the same row are significantly different ($P<0.05$).

† Different letters within a column significant difference ($P<0.05$).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.3): 2205-2217

Table 6. Number of coliform in I-san sausages during fermentation

Fermentation process*	Coliform			
	Day 0 (log cfu/g)	Day 1 (log cfu/g)	Day 2 (cfu/g)	Day 3 (cfu/g)
1	3.40±0.77[NS, ‡,†]	2.55±0.09	<1[¥]	<1
2	3.33±0.66	2.90±0.94	<1	<1
3	3.31±0.63	2.25±0.66	<1	<1
4	3.34±0.72	3.24±1.14	<1	<1
5	3.42±0.84	2.38±0.56	<1	<1

*1) Hang at room temperature for 3 day 2) incubation 37°C for 3 day 3) vacuum 37°C for 3 day 4) incubation 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature and 5) vacuum 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature.
‡Mean values and standard deviations obtained from three independent experiments.
† Different letters in the same column and row are significantly different.
¥ <10 cfu/g.

Table 7. Number of *Escherichia coli* in I-san sausages during fermentation.

Fermentation process*	*Escherichia coli* (cfu/g)			
	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3
1	<1[¥]	<1	<1	<1
2	<1	<1	<1	<1
3	<1	<1	<1	<1
4	<1	<1	<1	<1
5	<1	<1	<1	<1

*1) Hang at room temperature for 3 day 2) incubation 37°C for 3 day 3) vacuum 37°C for 3 day 4) incubation 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature and 5) vacuum 37°C for 2 day with one day hanging at room temperature.
¥ <10 cfu/g.

Conclusion

Present study was to compare different methods during I-san sausage fermentation for better product acceptable both in quality and safety. There method were analysed including the pH value, total acidity percentage, weight loss percentage, lactic acid bacteria, coliform/*Escherichia coli* and yeast/mold. It was found that the fermentation process by incubation 37°C for 3 day and vacuum 37°C for 3 day gave the good quality I-san sausage, because of its shorter fermentation period. With these preliminary results, it is possible to apply both optimal condition fermentation process of I-san sausage for small entrepreneurs and industrials.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.3): 2205-2217

Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge funding for this research form Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand.

References

AOAC. (2005). AOAC official methods of analysis. Association of official analytical chemists. Assoccal Chemistry. 18th Ed. Maryland, USA: AOAC international.

AOAC. (2006). AOAC official methods: Chapter 17. *In* Horwitz, W. and Latimer, G.W. Official methods of analysis of AOAC international. Maryland: AOAC international.

Axelsson, L., Rud, I., Naterstad, K., Blom, H., Renckens, B., Boekhorst, J., Kleerebezem, M., Hijum, H.V. and Siezen, R.J. (2012). Genome sequence of the naturally plasmid-free *Lactobacillus plantarum* strain NC8 (CCUG61730). Journal of Bacteriology 194(9): 2391-2392.

Azam, M. Mohsin, M., Ijaz, H., Tulain, U.R., Ashraf, M.A., Fayyaz, A., Abadeen, Z. and Kamran, Q. (2017). Lactic acid bacteria in traditional fermented Asian foods. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences 30(5): 1803-1814.

Baka, A.M., Papavergou, E.J., Pragalaki, T., Bloukas, J.G. and Kotzekidou, P. (2011). Effect of selected autochthonous starter cultures on processing and quality characteristics of Greek fermented sausages. LWT - Food Science and Technology 44(1): 54-61.

Bozkurt, H. and Bayram, M. (2006). Color and textural attributes of sucuk during ripening. Meat Science 73(2): 344-350.

Casaburi, A., Aristoy, M.C., Ercolini, D., Toldrá, F. and Villani, F. (2007). Biochemical and sensory characteristics of traditional fermented sausages of Vallo di Diano (southern Italy) as affected by the use of starter cultures. Meat Science 76(2): 295-307.

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 Microbiol 26(5): 547-551.

De Luca, A., Hamill1, R.M., Mullen1, A.M., Slavov, N. and Elia, G. (2016). Comparative proteomic profiling of divergent phenotypes for water holding capacity across the post mortem ageing period in porcine muscle exudate. PLoS ONE 11(3): 1-25.

Esmaeilzadeh, P., Darvishi, S., Assadi, M.M., Mirahmadi, F. and Arashrad, F. (2013). Effect of lactic acid bacteria inoculation on nitrite concentration of fermented sausage in fermentation and ripening periods. Middle East Journal of Scientific Research 13(11): 1455-1464.

Friedrich, J.E. (2001). Tritratable activity of acid tastants. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. John Wiley and sons, Tnc, Cargill Incorporated Minneapolis, Minesota.

Funami, T., Yada, H. and Nakao, Y. (1998). Thermal and rheological properties of curdlan gel in minced pork gel. Food Hydrocolloids 12(1): 55-64.

González-Fandos, M.E., Sierra, M., García-lopez, M.L., García-fernández, M.C. and Otero, A. (1999). The influence of manufacturing and drying conditions on the survival and toxinogenesis of *Staphylococcus aureus* in two Spanish dry sausages (chorizo and salchichón). Meat Science 52(4): 411-419.

González-Fernández, C., Santos, E. M., Rovira, J. and Jaime, I. (2006). The effect of sugar concentration and starter culture on instrumental and sensory textural properties of *chorizo*-Spanish dry-cured sausage. Meat Science 74(3): 467-475.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Holck, A., Axelsson, L., McLeod, A., Mari Rode, T. and Heir E. (2017). Health and Safety Considerations of Fermented Sausages. Journal of Food Quality Article ID 9753894.

Hui, Y. H., Meunier-Goddik, L., Josephsen, J., Nip, W.K., and Stanfield, P.S. (2004). Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology. New York: Marcel Dekker.

Jatupornpipat, M. and Keatikumjorn, P. (2007). The effect of kefir starter on Thai fermented sausage product. Songklanakarin Journal of Science and Technology 29(4): 1145-1152.

Komprda, T., Smelá, D., Pechová, P., Kalhotka, L., Štencl, J. and Klejdus, B. (2004). Effect of starter culture, spice mix and storage time and temperature on biogenic amine content of dry fermented sausages. Meat Science 67(4): 607-616.

Loypimai, P., Moongngarm, A. and Naksawat, S. (2017). Application of natural colorant from black rice bran for fermented Thai pork sausage–Sai Krok Isan. International Food Research Journal 24(4): 1529-1537.

Malti, J.E. and Amarouch, H. (2008). Microbiological and physicochemical characterization of natural fermented camel meat sausage. Journal of Food Processing and Preservation 32(2): 159-177.

Nakao, Y., Konno, A., Taguchi, T., Tawada, T., Kasai, H., Toda, J. and Terasaki, M. (1991). Curdlan: Properties and application to foods. Journal of Food Science 56(3): 769-772.

Phalakornkule, C. and Tanasupawat, S. (2006). Characterization of lactic acid bacteria from traditional Thai fermented sausages. Journal of Culture Collections 5: 46-57.

Phromraksa, P., Wiriyacharee, P., Rujanakraikarn, L. and Pathomrungsiyungkul, P. (2004). Optimizing formulation and fermentation time of Thai fermented pork sausage (Sai Krok Prew) using starter cultures. Chiang Mai University Journal of Natural Sciences 3(2): 133- 145.

Rantsiou, K. and Cocolin, L. (2008). Fermented meat products. 91-118 pp. *In* Cocolin, L. and Ercolini, D. (Ed.). Molecular techniques in the microbial ecology of fermented foods. Italy. Springer New York.

Roig-Sagués, A. X., Hernández-Herrero, M. M., López-Sabater, E. I., Rodríguez-Jerez, J. J. and Mora-Ventura, M. T. (1999). Microbiological events during the elaboration of "fuet", a Spanish ripened sausage Relationships between the development of histidine- and tyrosine-decarboxylase-containing bacteria and pH and water activity. European Food Research and Technology 209(2): 108-112.

Saithong, P., Panthavee, W., Boonyaratanakornkit, M. and Sikkhamondhol, C. (2010). Use of a starter culture of lactic acid bacteria in plaa-som, a Thai fermented fish. Journal of Bioscience and Bioengineering 110(5): 553-557.

Schelin, J., Wallin-Carlquist, N., Cohn, M.T., Lindqvist, R., Barker, G.C. and Rådström, P. (2011). The formation of *Staphylococcus aureus* enterotoxin in food environments and advances in risk assessment. Virulence 2(6): 580-592.

Simion, A.M.C., Vizireanu, C., Alexe, P., Franco, I. and Carballo, J. (2014). Effect of the use of selected starter cultures on some quality, safety and sensorial properties of Dacia sausage, a traditional Romanian dry-sausage variety. Food Control 35(1): 123-131.

Sİrİken, B., Cadİrcİ, O., Inat, G., YenIsey, C., Serter, M. and OzdemİR, M. (2009). Some microbiologial and pysico-chemical quality of Turkish sucak (Sausage). Journal of animal and Veterinary Advances 8(10): 2027-2032.

Sriphochanart, W. and Skolpap, W. (2011). The use of selected lactic acid bacteria starter cultures for improved Thai sausage fermentation. Journal of Food Processing and Preservation 35(3): 291-298.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Journal of Agricultural Technology 2017 Vol. 13(7.3): 2205-2217

Sriphochanart, W., Skolpap, W., Scharer, J.M., Moo-Young, M. and Douglas, P.L. (2011). Effect of amino acid requriements on the growth and lactic acid production of *Pediococcus acidilatici* cultre. African Journal of Microbiology Research 5(22): 3831-3822.

Tamang, J.P., Shin, D.H., Jung, S.J. and Chae, S.W. (2016). Functional Properties of Microorganisms in Fermented Foods. Functional properties of food 7: 1-13.

Thongruck, K., Saelao1, S., Sumpavapol, P., Benjakul, S. and Maneerat, S. (2017). Monitoring of changes in lactic acid bacteria during production of Thai traditional fermented shrimp (*Kung-Som*) by culturing method and PCR-DGGE technique. Songklanakarin Journal of Science and Technology 39(1): 41-47.

Valyasevi, R., Jungsiriwat, P., Smitinont, T., Praphailong, W. and Chowalitnitithum, C. (2002). Improvement of starter culture for Nham fermentation. National Science and Technology Development Agency. http://www1a.biotec.or.th/rdereport/prjbioteceng.asp?Id=225.

Vangpikul, S. and Kansandee, W. (2014). Screening of lactic acid bacteria from Nham het for production of Nham het adding prebiotics. Research and Development Institute, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. Nonthaburi.

Vatanyoopaisarn, S., Prapatsorniwattana, K., Kuhakongkeat, T. and Phalakornkule, C. (2011). Potential use of lactic acid bacteria with bacteriocin-like activity against *Staphylococcus aureus* as dual starter cultures in Thai fermented sausage "Sai Krok Prew". International Food Research Journal 18(2): 697-704.

Visessanguan, W., Benjakul, S., Riebroy, S. and Thepkasikul, P. (2004). Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to Nham characteristics. Meat Science 66(3): 579-588.

Visessanguan, W., Benjakul, S., Smitinont, T., Kittikun, C., Thepkasikul, P. and Panya, A. (2006). Changes in microbiological, biochemical and physicochemical properties of Nham inoculated with different inoculum levels of *Lactobacillus curvatus*. LWT- Food Science and Technology 39(7): 814-826.

Visessanguan, W., Plengvidhya, V., Chokesjjawatee, C. and Bakar, J.A. (2015). Lactic meat fermentation. 313-358 pp. *In* Owens, J.D. (Ed.). Indigenous Fermented Foods of Southeast Asia. USA: CRC Press.

Wilson, G. G. and Laack, R. L. V. (1999). Sarcoplasmic proteins influence water-holding capacity of pork myofibrils. Journal of the Science of Food and Agriculture 79(13): 1939- 1942.

Yim, D.G., Jang, K.H. and Chung, K.Y. (2015). Effect of GdL addition on physico-chemical properties of fermented sausages during ripening. Korean Journal for Food Science of Animal Resources 35(3): 322-329.

Yörük, N.G. and Güner, A. (2017). Control of fermented sausage, salami, sausage, and hamburger meatballs produced inmeat production facilities applying the ISO Food Security System for food pathogens. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 41(3): 337-344.

Zaho, L., Jin, Y., Ma, C., Song, H., Li, H., Wang, Z. and Xiao, S. (2011). Physio-chemical characteristics and free fatty acid composition of dry fermented mutton sausages as affected by the use of various combinations of starter cultures and spices. Meat Science 88(4): 761-766.

Zdolec, N., Hadžiosmanović, M., Kozačinski, L., Cvrtila, Ž., Filipović, I., Škrivanko, M. and Leskovar, K. (2008). Microbial and physicochemical succession in fermented sausages produced with bacteriocinogenic culture of *Lactobacillus sakei* and semi-purified bacteriocin mesenterocin Y. Meat Science 80(2): 480-487.

(Received 25 October 2017; accepted 25 November 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ภานุพงษ์ ดวงขวัญ คมแข พลาสมบัติ จำรูญ เล้าสินวัฒนา และปิยะดา ทวิชศรี. 2561. การใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ของประเทศไทยต่อคุณภาพของไส้กรอกอีสาน. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 6. 18-19 มิถุนายน 2561, โรงแรมรามาการ์เด้นส์ กรุงเทพ. 12-18.

เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 6

จัดพิมพ์โดย คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จำนวนหน้า 239 หน้า
พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2561 จำนวน 200 เล่ม
ราคา เล่มละ 250 บาท

พิมพ์ที่ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด มีน เซอร์วิส ซัพพลาย
29/97 ซอยสุวินทวงศ์ 31 ถนนสุวินทวงศ์ แขวงลำผักชี เขตหนองจอก
กรุงเทพมหานคร 10530

ISBN 978-616-338-111-8

ลิขสิทธิ์ เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 6 ถือเป็นลิขสิทธิ์ของศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามพิมพ์ซ้ำ ลอกเลียน ส่วนใดส่วนหนึ่งของเอกสารฉบับนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรเท่านั้น

ความรับผิดชอบ เนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในบทความเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาด อันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์

เทคโนโลยีกระบวนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Process technology and Product Development)

คุณภาพทางกายภาพ-เคมี ของน้ำซุปไก่บ้านตะนาวศรีจากกระดูกส่วนละโพก
สุวาจา กระจายศรี ณัฐนันท์ ธรรมกิจ อรวรวุฒิ พลายบุญ และ คศิธร นาคทอง 1

การศึกษาการต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูที่เติมน้ำส้มสายชูหมักมะยม
กฤตพร ร่ำจวนเกียรติ คมแข พิลาสมบัติ สุภาพรรณ คฤษฎาร และ มณฑินี วีรารักษ์ 6

การใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ของประเทศไทยต่อคุณภาพของไส้กรอกอีสาน
ภานุพงษ์ ดวงขวัญ คมแข พิลาสมบัติ จำรูญ เล้าสินวัฒนา และ ปิยะดา ทวิชศรี 12

คุณสมบัติทางกายภาพของแหนมที่ผลิตจากข้าวต่างชนิดกัน
ปิยะดา ทวิชศรี คมแข พิลาสมบัติ กฤตพร ร่ำจวนเกียรติ และ นวรพรรณ งามบัลลุ 19

การใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางกายภาพ – เคมีของผลิตภัณฑ์สันในไก่อบแห้งสำหรับขนมสัตว์เลี้ยง
คศิธร นาคทอง ชัชชัย กุลประทีปปัญญา พัชราพรรณ คำเมืองลา และ บุศรินทร์ ชนะคช 27

คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ (Carcass and Meat Quality)

ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิดกัน เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า
ภานุพงษ์ ดวงขวัญ คมแข พิลาสมบัติ จำรูญ เล้าสินวัฒนา และ ปิยะดา ทวิชศรี 33

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพเนื้อและลักษณะโครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อลุกในระหว่างการเก็บรักษา
ณัฐญวัฒน์ คุ้มครอง นิรัตน์ กองวัฒนานันท์ ชัยวัฒน์ บุญแก้วรรณ จตุพร วัฒนครวิสุทธิ์ ศิรินทร์ ธีระวัฒนศิริกุล และ อัจฉรา ขยัน 39

การศึกษาเบื้องต้น: การเจริญเติบโต และผลผลิตซากของไก่เบตงเพศผู้และเพศเมีย
อารยา เจียมมาศ และ ขจรศักดิ์ นุชทอง 44

ผลของอายุการเลี้ยงต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของเนื้ออกไก่โคราช
คคีกานต์ เกตุมาลา อมรวิทย์ ไมหี และ ธิวรัมน์ ยงสวัสดิกุล 49

การศึกษาอิทธิพลของน้ำหนักเข้าฆ่าต่อคุณภาพซากและระดับไขมันแทรกของโคนมขุนเพศเมีย
รัชกฤช เลิศภัทรโกมล และ ควรรณกมล น้อยคัด 57

อิทธิพลของน้ำหนักเข้าฆ่าต่อคุณภาพซากและคะแนนไขมันแทรกของโคนมขุนเพศผู้ตอน
ควรรณกมล น้อยคัด และ รัชกฤช เลิศภัทรโกมล 63

อิทธิพลของแหล่งกำเนิดแสงต่อค่าสีของเนื้อสันนอกลุกรที่ 1 ชั่วโมงหลังจากตัดให้สัมผัสอากาศ
รุจจิน ลิ้มศุภวานิช และ ควรรณกมล น้อยคัด 69

คุณภาพซากของโคเนื้อลูกผสมชาโรเลส์และโคเนื้อลูกผสมวากิวเพศผู้ตอนที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่มีอาหารหยาบหรือผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นพื้นฐาน
จำลอง มิตรชาวไทย อัจฉรา ลักขณานุกูล ตินีนาฏ พลโยราช จันทร์พร เจ้าทรัพย์ และ วณชัย ลิทธิโกรพงษ์ 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสำเร็จของการผลิตเนื้อสัตว์บนพื้นฐานของเทคโนโลยีนวัตกรรม
Meat Production Success Based on Innovation Technology

การใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ของประเทศไทยต่อคุณภาพของไส้กรอกอีสาน

Using Local Traditional Rice in Southern part of Thailand on Quality of Thai Fermented Sausage (Isan Sausage)

ภานุพงษ์ ดวงขวัญ[1] คมแข พิลาสมบัติ[1*] จำรูญ เล้าสินวัฒนา[2] และ ปิยะดา ทวิชศรี[2]

Panupong Doungkhwan[1], Komkhae Pilasombut[1*], Chamroon Laosinwattana[2], and Piyada Tavitchasri[2]

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง, [2]ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
[2]สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ชุมพร 86160

[1]Department of Animal Production Technology and Fisheries, [2]Department of Plant Production Technology,
Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
[2]Program in Animal Science, Department of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160, Thailand
*Corresponding author: komkhae.p@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้จำนวน 6 สายพันธุ์ ในการผลิตไส้กรอกอีสานได้แก่ ข้าวกล้องขัดขาวสามเดือน นางดำ ดอกข่า สังข์หยด ดอกขาม และสามเดือน เปรียบเทียบกับข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป 2 ยี่ห้อ และไส้กรอกอีสานทางการค้า 2 ยี่ห้อ ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลชีวภาพ ในการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน ทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติค ค่าสี (CIE L* a* b*) และค่าองศาของสี ผลการศึกษา พบว่า ไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ A มีค่าความเป็นกรดด่างมากที่สุด (4.78) โดยสูงกว่าไส้กรอกอีสานกลุ่มที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองและข้าวหอมมะลิในการผลิตไส้กรอกอีสานที่มีค่าความเป็นกรดด่างใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ยกเว้นข้าวกล้องพันธุ์ดอกข่าที่มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่ากลุ่มอื่น (4.52) สอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดและจำนวนแบคทีเรียแลคติคสูงสุด 1.05% และ 9.37 log cfu/g ตามลำดับ ส่วนค่าสี ค่าความสว่าง (L*) ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ดอกข่ามีค่าเท่ากับ 56.18 ซึ่งสูงกว่าข้าวไร่พันธุ์อื่นๆ ค่าสีแดง (a*) มีค่าอยู่ในช่วง 4.64-9.24 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ดอกข่ามีค่าเท่ากับ 5.76 และค่าองศาของสีแสดงถึงช่วงสี 0-360 โดยไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ดอกข่ามีช่วงสีเท่ากับ 60.88 แสดงว่ามีช่วงสีส้มแดงแสดงให้เห็นว่าข้าวกล้องพันธุ์ดอกข่ามีคุณภาพต่อการนำมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน

คำสำคัญ: ข้าวไร่พื้นเมือง ไส้กรอกอีสาน

Abstract

The purpose of this research was to study the using local traditional rice in southern Thailand.There are six traditional rice production in Isan sausage (Khadkhawsamdeun, Nangdam, Dokha, Shangyod, Dokham and Samdeun) compare with two brands of Thai jasmine rice from general market and two brands of commercial sausage on changes in physico-chemical and microbiological of Isan sausage fermentation at 30 ^{0}C for 4 days. The pH value, Total acidity, Lactic acid bacteria, Color CIE L* (lightness), a* (redness), b* (yellowness), Hue angle were analyzed. This study showed that commercial sausage A had highest of pH (4.78),higher than that Isan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sausage using local traditional rice and Thai jasmine rice from general market had similar pH (P>0.05).This except for Isan sausage made with Dokha has the lower of pH at 4.52 and the highest total acidity, Lactic acid bacteria at 1.05% and 9.37 log cfu/g respectively. The results revealed that for L* of Isan sausage made with Dokhawas the highest at 56.18 compared with other traditional rice. The a* values ranged between 4.64-9.24 with significant difference that Isan sausage made with Dokha of a* (5.76). The Hue angle of color specified as an angle in the range 0-360.The Isan sausage with Dokhawas the most Orange-red color (60.88). It was found that the varieties of Dokha were quality rice had to be using for production of Isan sausage.

Keywords: Traditional rice, Isan Sausage

บทนำ

ไส้กรอกหมักหรือไส้กรอกอีสาน (Thai fermented sausage or Isan sausage) หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อหมู มันหมู ข้าวสุก ปรุงรสด้วยเครื่องปรุง เครื่องเทศและสมุนไพร ผสมให้เข้ากันดี นวดจนเหนียว บรรจุลงในไส้หมูหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ มัดเป็นท่อน ผึ่งไว้ในที่ละอาดแห้งจนเปรี้ยวและต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2548; Loypimai et al., 2017) ซึ่งไส้กรอกอีสานจัดเป็นอาหารพื้นบ้านชนิดหนึ่งที่นิยมรับประทานกันมากอย่างแพร่หลายในประเทศไทยโดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นอาหารที่เกิดจากกระบวนการหมักหรือบ่มของแบคทีเรียแลคติค (lactic acid bacteria) (Jindaprasert et al., 2014) ซึ่งกระบวนการหมักจะใช้เวลา 2-4 วัน (Hongtong et al., 2016) การผลิตไส้กรอกอีสานส่วนใหญ่จะต้องมีข้าวเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตไส้กรอกอีสานซึ่งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตสำหรับแบคทีเรียกรดแลคติกในการสร้างกรดแลกติกแล้วทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลง (Azam et al., 2017) และในบางพื้นที่อาจใช้ข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้าในการผลิตไส้กรอกอีสาน

ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้เป็นพันธุ์ข้าวที่นิยมบริโภคหรือใช้ประโยชน์ในท้องถิ่นเท่านั้นมีลักษณะเด่นบางประการ เช่น ความหอม คุณภาพการหุงต้ม (ลมทรง และคณะ, 2559) และมีรายงานว่าข้าวพื้นเมืองภาคใต้หลายสายพันธุ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งเยื่อหุ้มเมล็ดในส่วนของผิวเมล็ดจนถึงเยื่อหุ้มเมล็ดมีสารประกอบโพลีฟีโนลิก ฟลาโวนอยด์ และวิตามินอี รวมทั้งแอนโทไซยานิน (Tian et al., 2004; Pedro et al., 2016; Mau et al., 2017) เช่น พันธุ์ดอกขาม ดอกข่า สังข์หยด และไข่มดริ้น เป็นต้น นอกจากนี้พบว่าข้าวไร่พื้นเมืองดังกล่าวมีสารที่ช่วยในการป้องกันโรคต่างๆ ที่มีสาเหตุจากอนุมูลอิสระ เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคระบบภูมิคุ้มกันผิดปกติ เป็นต้น และปัจจุบันพบว่าได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวได้หลากหลายมากขึ้น เช่น การทำน้ำนมข้าว อาหารเด็กอ่อน รวมไปถึงการนำข้าวมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มธัญหารสำเร็จรูป แต่ยังไม่พบการนำข้าวมาใช้ประโยชน์ร่วมกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้มาทำเป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ในการผลิตไส้กรอกอีสานต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การผลิตไส้กรอกอีสาน

การผลิตไส้กรอกอีสานตามวิธีการของจุฑารัตน์ และพรรณิภา (2555) ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้ เนื้อสุกรส่วนสะโพก (46.27%) (w/w) ไขมันสุกร (32.39%) (w/w) และข้าวสุก (13.88%) (w/w) (ข้าวไร่พื้นเมืองแต่ละสายพันธุ์ ดังนี้ 1. ข้าวกล้องสามเดือน 2. ขัดขาวสามเดือน 3. นางดำ 4. ดอกขาม 5. ดอกข่า 6. สังข์หยด และข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป 2 ยี่ห้อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระเทียม 4.63% (w/w) พริกไท 0.38%(w/w) น้ำตาล 0.46% (w/w) ผงชูรส 0.23% (w/w) ผงเพรก 0.93% (w/w) เกลืออิริโทรเบต 0.09% (w/w) เกลือฟอสเฟต 0.28% (w/w) และเกลือแกง 0.46% (w/w) ซึ่งขั้นตอนการผลิตไส้กรอกอีสานมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้ โดยนำเนื้อสุกรและมันแข็งสุกรมาบดหยาบ นวดกับผงเพรก เกลือแกง ให้เข้ากันแล้วผสมมันหมูกับข้าวสุกนวดให้เข้ากันเติมเครื่องปรุงอื่นแล้วนวดผสมให้เข้ากัน บรรจุส่วนผสมลงในไส้สุกร มัดเป็นท่อนๆ โดยมีวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน และทำการเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานทางการค้า 2 ยี่ห้อ

2. วิธีการตรวจวิเคราะห์

2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีการของ AOAC (1984) โดยใช้หัวโพรบทิ่มลงบนผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานโดยตรงด้วยเครื่องวัดค่า pH meter (Mettler Toledo model SG-2, Switzerland)

2.2 ค่าปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ตามวิธีดัดแปลงจาก Friedrich (2001) โดยชั่งตัวอย่างจำนวน 2 กรัม ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่องฮอโมจิไนเซอร์ (Untraturrax model T25 digital, Germany) จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Jouan, CR3i, France) ที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที นำไปกรองใส่ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ขวดลูกชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร นำส่วนใสที่ได้มาไทเตรทด้วย 0.1N NaOH โดยหยดสารละลายฟีนอฟทาลีนลงไปตัวอย่างละ 3-5 หยดและนำมาคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (\%)} = \frac{N \times V \times \text{meq.wt} \times 100}{1{,}000 \times \text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH

V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH ที่ใช้

meq.wt = mill equivalent weight ของ lactic acid คือ 90

2.3 ค่าสี วัดค่าสีด้วยระบบ CIE ($L^*a^*b^*$) ด้วยเครื่องวัดสี HunterLab Mini Scan EZ 4000L (Hunter Lab Inc, Reston, VA, USA)

2.4 ค่าความสดใส (Chroma) และค่ามุมของสี (Hue angle) ตามวิธีการคำนวณของ Saricoban et al. (2010) โดยนำค่า L^*, a^* และ b^* ที่ทำการวัดด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter Mini Scan EZ 4000L คำนวณหาค่าความสดใสและค่ามุมของสีจากสูตร Chroma = (a^{*2}/b^{*2}) Hue angle = $\tan^{-1}(b^*/a^*)$

2.5 จำนวนแบคทีเรียแลคติค ทำการทดสอบด้วยวิธี AOAC (2008) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสูตร de man, Rogosa and Sharpe (MRS, Merck, Germany) ผสมด้วย $CaCO_3$ (Scharlauchemie S.A., Spain) 0.5 เปอร์เซ็นต์ บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ไร้อากาศ เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง และแสดงค่าอยู่ในรูป $\log_{10}$(cfu/g)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SAS (Statistical Analysis Systems Institute, 1998)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1.ค่าความเป็นกรดด่างปริมาณกรดทั้งหมดและจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติค

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน เปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป 2 ยี่ห้อและไส้กรอกอีสานทางการค้า 2 ยี่ห้อ พบว่าค่าความเป็นกรดด่างในไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ดอกข่ามีค่าต่ำสุด (4.52) แต่ไม่แตกต่างกันกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยด ดอกขาม นางดำ และข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไปทั้ง 2 ยี่ห้อ (P>0.05) มีค่าอยู่ในช่วง 4.58-4.65 และไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ A มีค่าความเป็นกรดด่างสูงสุด เท่ากับ 4.78 (P<0.05) ในขณะเดียวกันค่าปริมาณกรดทั้งหมดจะแปรผกผันกับค่าความเป็นกรดด่าง พบว่าไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ดอกข่ามีค่าสูงสุด (1.05%) แต่ไม่แตกต่างกับไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยด ดอกขาม ขัดขาวสามเดือน นางดำ และข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไปทั้ง 2 ยี่ห้อ (P>0.05) มีค่าอยู่ในช่วง 0.95-1.04% และไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ B มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.78% (P<0.05) ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกอีสาน (2546) ที่รายงานว่าความเปรี้ยวของไส้กรอกอีสานขึ้นอยู่กับส่วนผสม อุณหภูมิของการเก็บหลังการหมัก มีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 4.5-5.5 และการศึกษาของ Jindaprasert et al. (2014) ที่กล่าวว่าค่าความเป็นกรดด่างในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานลดลงเป็น 4.22 และปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 0.79% ณ 48 ชั่วโมงของการหมัก Chokesajjawatee et al. (2009); Holck et al. (2017) กล่าวว่าการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างทำให้เปอร์เซ็นต์กรดเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการสร้างกรดจากแบคทีเรียแลคติกที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ ทำให้มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำลงประมาณ 4.4-4.5 มีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคบางชนิด เช่น *E.coli*, *S.aureus* และ *Salmonella* spp. ไม่สามารถทนสภาวะความเป็นกรดและตายไปในที่สุด นอกจากนี้จำนวนแบคทีเรียแลคติคในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ในการผลิตไส้กรอกอีสานเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป 2 ยี่ห้อ และไส้กรอกอีสานทางการค้า 2 ยี่ห้อ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ดอกข่ามีค่าสูงสุด (9.37 log cfu/g) และมีค่าใกล้เคียงกับไส้กรอกอีสานที่ใช้ใช้ข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยด ดอกขาม สามเดือน นางดำ และข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไปทั้ง 2 ยี่ห้อ มีค่าอยู่ในช่วง 9.04-9.21 log cfu/g ในขณะที่ไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ B มีค่าต่ำสุด 8.06 log cfu/g แสดงดังตารางที่ 1 และ Pringsulaka et al. (2011) กล่าวว่าอาหารหมักหลายชนิดแบคทีเรียแลคติคนั้นมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการหมัก เนื่องจากกรดแลคติคที่สร้างขึ้นทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในผลิตภัณฑ์จึงช่วยชะลอการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นเปรี้ยว

ตารางที่ 1 ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติคของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิดกันเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานทางการค้า ณ วันที่ 4 สิ้นสุดกระบวนการหมัก (Mean ± SD)

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน	pH	Total acidity (%)	Lactic acid bacteria (log cfu/g)
ไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ A	4.78±0.02^{a}	0.66±0.08^{cd}	8.35±0.01^{h}
ไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ B	4.54±0.02^{fg}	0.78±0.05^{d}	8.06±0.01^{i}
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ A	4.60±0.03^{e}	0.98±0.03^{ab}	9.10±0.01^{e}
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ B	4.65±0.03^{c}	0.98±0.05^{ab}	9.04±0.01^{f}
ข้าวกล้องนางดำ	4.58±0.05^{ef}	1.04±0.08^{a}	9.26±0.01^{c}
ข้าวกล้องขัดขาวสามเดือน	4.70±0.03^{b}	0.95±0.00^{abc}	8.92±0.01^{g}
ข้าวกล้องดอกข่า	4.52±0.03^{gh}	1.05±0.03^{a}	9.37±0.01^{a}
ข้าวกล้องสังข์หยด	4.63±0.02^{cd}	0.96±0.11^{abc}	9.32±0.01^{b}
ข้าวกล้องดอกขาม	4.60±0.04^{de}	0.99±0.08^{ab}	9.21±0.01^{d}
ข้าวกล้องสามเดือน	**4.73±0.04^{b}**	**0.89±0.05^{bcd}**	**9.07±0.03^{f}**

‡**ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าสี (CIE L* a* b*) ค่าความสดใส (Chroma) และค่าองศาของสี(Hue angle)

จากการศึกษาค่าสี (CIE L* a* b*) ค่าความสดใส และค่าองศาของสีในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน เปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป 2 ยี่ห้อ และไส้กรอกอีสานทางการค้า 2 ยี่ห้อ (ตารางที่ 2) พบว่า ค่าความสว่าง (Lightness; L*) ไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ B มีค่า L* สูงสุด มีค่าเท่ากับ 62.59 (P<0.05) เนื่องจากส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสานมีการใช้สารคงสภาพของสี (INS No 259) แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องในการผลิต พบว่าไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์นางดำมีค่าสูงสุด (61.12) และข้าวกล้องพันธุ์ดอกขามมีค่าต่ำสุด (48.46) เนื่องจากข้าวกล้องพันธุ์ดอกขามมีสีแดงอมน้ำตาลทำให้มีค่า L* ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05)

ค่าสีแดง (Redness; a*) พบว่าไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ดอกขามมีค่าสูงสุด คือ 9.24 (P<0.05) เนื่องจากข้าวมีสีแดงอมน้ำตาลทำให้มีค่า a* สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์นางดำและสามเดือนมีค่าต่ำสุด คือ 4.64 และ 4.78 (P>0.05) ส่วนค่าสีเหลือง (Yellowness; b*) พบว่าไส้กรอกอีสานทางการค้าทั้ง 2 ยี่ห้อ และไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ขัดขาวสามเดือนในการผลิตไส้กรอกอีสานมีค่าสูงสุด มีค่าเท่ากับ 12.32, 12.17 และ 12.29 ตามลำดับ (P>0.05) และไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์นางดำมีค่าต่ำสุด คือ 8.49

ค่าความสดใส (Chroma) แสดงถึงค่าสี 0-60 โดย 0 ผลิตภัณฑ์มีสีซีดจาง (เทา) และ 60 มีสีเข้ม พบว่าไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ขัดขาวสามเดือนมีค่าสูงสุด (14.74) แต่ไม่แตกต่างกับไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ A (P>0.05) แต่มีค่ามากกว่าไส้กรอกอีสานกลุ่มอื่นๆ (P<0.05) และค่าองศาของสี (Hue angle) แสดงถึงช่วงสี 0-360 พบว่าไส้กรอกอีสานทุกกลุ่มมีสีส้มแดงจนถึงสีเหลือง มีค่าองศาของสีอยู่ในช่วง 45-90 โดยไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ดอกขามผลิตภัณฑ์มีสีส้มแดงสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น มีค่าเท่ากับ 48.43 (P<0.05) ในขณะเดียวกันไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ B และไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์สามเดือน มีค่าองศาของสีเข้าใกล้ 90 คือ ผลิตภัณฑ์เป็นสีเหลือง มีค่าเท่ากับ 65.91 และ 65.23 ตามลำดับ (P>0.05)

ตารางที่ 2 ค่าสี (CIE L*a* b*) ค่าความสดใส (Chroma) และค่าองศาของสี (Hue angle) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิดกันเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานทางการค้า ณ วันที่ 4 สิ้นสุดกระบวนการหมัก (Mean ± SD)

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน	L*	a*	b*	Chroma	Hue angle
ไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ A	52.47±0.62^{cd}	7.10±0.34^{c}	12.32±0.05^{a}	14.22±0.15^{ab}	60.06±1.31^{bc}
ไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ B	62.59±0.10^{a}	5.44±0.03^{de}	12.17±0.03^{a}	13.34±0.03^{bcd}	65.91±0.14^{a}
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ A	55.11±0.09^{b}	5.67±0.20^{d}	9.46±0.13^{c}	11.05±0.22^{f}	59.02±0.57^{cd}
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ B	53.50±0.04^{bc}	7.02±0.40^{c}	11.02±0.33^{b}	12.72±0.49^{de}	57.51±0.72^{de}
ข้าวกล้องนางดำ	61.12±0.49^{b}	4.64±0.08^{f}	8.49±0.31^{d}	9.87±0.31^{g}	61.34±0.53^{b}
ข้าวกล้องขัดขาวสามเดือน	50.84±0.12^{g}	8.07±0.16^{b}	12.29±0.12^{a}	14.74±0.15^{a}	56.73±0.31^{fe}
ข้าวกล้องดอกข่า	56.18±0.23^{e}	5.78±0.14^{d}	10.35±0.22^{b}	11.85±0.25^{ef}	60.88±0.31^{bc}
ข้าวกล้องสังข์หยด	51.54±0.36^{g}	7.48±0.17^{bc}	10.80±0.04^{b}	13.13±0.12^{cd}	55.31±0.57^{f}
ข้าวกล้องดอกขาม	48.48±0.38^{h}	9.24±0.24^{a}	10.36±0.32^{b}	13.84±0.35^{bc}	48.43±0.32^{g}
ข้าวกล้องสามเดือน	53.73±0.13^{e}	4.78±0.01^{ef}	10.36±0.04^{b}	11.43±0.04^{f}	65.23±0.04^{a}

$^{\$}$ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและข้อเสนอแนะ

ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ดอกข่าส่งผลให้เกิดการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมด จำนวนแบคทีเรียแลคติครวมทั้งค่าสีที่เด่นกว่าข้าวพันธุ์อื่นชี้ให้เห็นว่าข้าวกล้องพันธุ์ดอกข่ามีคุณภาพต่อการนำมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสานทั้งเรื่องของสี ความเปรี้ยวและกลิ่นหอมของข้าว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนทุนงานวิจัยจากงบประมาณรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 คณะเทคโนโลยีการเกษตร ในโครงการวิจัยเรื่อง "การเปรียบเทียบกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานต่อคุณภาพและความปลอดภัย"

เอกสารอ้างอิง

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และพรรณิภา ดิวะพิรุฬห์เทพ. 2555. การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ ใน เอกสารประกอบการอบรมการแปรรูปเนื้อสัตว์ครั้งที่ 4. ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546. ไส้กรอกอีสานหมู. กรุงเทพมหานคร. สำนักงานมาตรฐานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. กระทรวงอุตสาหกรรม.

ลมทรง โชติชื่น, อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ, สกุล มูลคา, จรัญจิต เพิ่งรัตน์, นิธิศ แสงอรุณ และสำเริง แซ่ตัน. 2559. คุณค่าทางโภชนาการของข้าวพื้นเมืองไทยบางพันธุ์.กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. กรุงเทพมหานคร.

AOAC. 1984. AOAC Official Methods of Analysis.Association of Official Analytical Chemists. AOAC international. 14th Ed. Wasington DC: AOAC international.

AOAC. 2006. AOAC Official Methods: Chapter 17. In Horwitz, W. and Latimer, G.W. Official methods of analysis of AOAC international. Maryland: AOAC international.

Azam, M. M. Mohsin, H. ijaz, U. R. Tulain, M. A. Ashraf, A. Fayyaz, Z. Abadeen, and Q. Kamran. 2017. Lactic acid bacteria in traditional fermented Asian foods. Pak. J. Pharm. Sci. 30(5):1803-1814.

Chokesajjawatee, N., S. Pornsaen, Y. G. Zo, S. Kamdee, P. Luxananil, S. Wanasen, and R. Valyasevi. 2009. Incidence of Staphylococcus aureus and associated risk factors in Nham, a Thai fermented pork product. Food Microbiol. 26(5):547-551.

Friedrich, J. E. 2001. Tritratable Activity of Acid Tastants. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. John Wiley and sons, Tnc. Cargill Incorporated Minneapolis, Minesota.

Jindaprasert, A., K. Jirajaroenrat, and Swetwiwathana. 2014. Chang in Physico-chemical Properties of Thai Fermented Sausage (Isan ssusage) Inculated with Weisellacibaria SI 21. Proceeding of the 5th Meat Science and technology 25-26 July, Faculty of AgricuturalTechnogy, KMITL.

Holck, A., L. Axelsson, A. McLeod, T. Mari Rode, and E. Heir. 2017. Health and Safety Considerations of Fermented Sausages. J. Food Quality. Article ID 9753894.

Hongthong, N., W. Chumngoen, and F. J. Tan. 2016. Influence of sucrose level and inoculation of *Lactobacillus plantarum* on the physicochemical, textural, microbiological, and sensory characteristics of Isan sausage (Thai fermented pork sausage). Anim. Sci. J. 1-22.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Loypimai, P., A. Moongngarm, and S. Naksawat. 2017. Application of natural colorant from black rice bran for fermented Thai pork sausage–Sai Krok Isan. Int. Food Res. J. 24(4):1529-1537.

Mau, J. L., C. C. Lee, Y. P. Chen, and S. D. Lin. 2017. Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chiffon cake prepared with black rice as replacement for wheat flour. Food Sci. Technol. 75:434-439.

Pedro, A. C., D. Granato, and N. D. RossoD. 2016. Extraction of anthocyanins and polyphenols from black rice (*Oryza sativa L.*) by modeling and assessing their reversibility and stability. Food Chem. 191:12-20.

Pringsulaka, O., N. Patarasinpaiboon, N. Suwannasai, W. Atthakor, and A. Rangsiruji. 2011. Isolation and characterisation of a novel Podoviridae-phage infecting *Weissellacibaria* N 22 from Nham, a Thaifermented pork sausage. Food Microbiol. 28:518-525.

Saricoban, C. and M. T. Yilmaz. 2010. Modelling the effects of processing factors on the changes in colourparameters of cooked meatballs using response surface methodology. World Appl. Sci. J. 9(1):14-22.

Sriphochanart, W. and W. Skolpap. 2011. The use of selected lactic acid bacteria starter cultures for improved Thai sausage fermentation. J. Food Process. Pres. 35(3):291-298.

Tian, S., K. Nakamura, and H. Kayahara. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice and germinated brown rice. J. Agric. Food Chem. 52:4808-4813.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ภานุพงษ์ ดวงขวัญ คมแข พลาสมบัติ จำรูญ เล้าสินวัฒนา และปิยะดา ทวิชศรี. 2561. ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิดกันเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 6. 18-19 มิถุนายน 2561, โรงแรมรามาการ์เด้นส์ กรุงเทพ. 33-38.

เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 6

จัดพิมพ์โดย คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จำนวนหน้า 239 หน้า
พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2561 จำนวน 200 เล่ม
ราคา เล่มละ 250 บาท

พิมพ์ที่ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด มีน เซอร์วิส ซัพพลาย
29/97 ซอยสุวินทวงศ์ 31 ถนนสุวินทวงศ์ แขวงลำผักชี เขตหนองจอก
กรุงเทพมหานคร 10530

ISBN 978-616-338-111-8

ลิขสิทธิ์ เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 6 ถือเป็นลิขสิทธิ์ของศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามพิมพ์ซ้ำ ลอกเลียน ส่วนใดส่วนหนึ่งของเอกสารฉบับนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรเท่านั้น

ความรับผิดชอบ เนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในบทความเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาด อันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์

เทคโนโลยีกระบวนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Process technology and Product Development)

คุณภาพทางกายภาพ-เคมี ของน้ำซุปไก่บ้านตะนาวศรีจากกระดูกส่วนละโพก
สุวาจา กระจายศรี ณัฐนันท์ ธรรมกิจ อรวรวุฒิ พลายบุญ และ คศิธร นาคทอง 1

การศึกษาการต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์หมูที่เติมน้ำส้มสายชูหมักมะยม
กฤตพร ร่ำจวนเกียรติ คมแข พิลาสมบัติ สุภาพรรณ คฤษฎาร และ มณฑินี วีรารักษ์ 6

การใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ของประเทศไทยต่อคุณภาพของไส้กรอกอีสาน
ภานุพงษ์ ดวงขวัญ คมแข พิลาสมบัติ จำรูญ เล้าสินวัฒนา และ ปิยะดา ทวิชศรี 12

คุณสมบัติทางกายภาพของแหนมที่ผลิตจากข้าวต่างชนิดกัน
ปิยะดา ทวิชศรี คมแข พิลาสมบัติ กฤตพร ร่ำจวนเกียรติ และ นวรพรรณ งามบัลลุ 19

การใช้กลีเซอรอลต่อคุณภาพทางกายภาพ – เคมีของผลิตภัณฑ์สันในไก่อบแห้งสำหรับขนมสัตว์เลี้ยง
คศิธร นาคทอง ชัชชัย กุลประทีปัญญา พัชราพรรณ คำเมืองลา และ บุศรินทร์ ชนะคช 27

คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ (Carcass and Meat Quality)

ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิดกันเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า
ภานุพงษ์ ดวงขวัญ คมแข พิลาสมบัติ จำรูญ เล้าสินวัฒนา และ ปิยะดา ทวิชศรี 33

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพเนื้อและลักษณะโครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อลุกในระหว่างการเก็บรักษา
ณัฐญวัฒน์ คุ้มครอง นิรัติน์ กองวัฒนานันท์ ชัยวัฒน์ บุญแก้วรรณ จตุพร วัฒนครวิสุทธิ์ ศิรินทร์ ธีระวัฒนศิริกุล และ อัจฉรา ขยัน 39

การศึกษาเบื้องต้น: การเจริญเติบโต และผลผลิตซากของไก่เบตงเพศผู้และเพศเมีย
อารยา เจียมมาศ และ ขจรศักดิ์ นุชทอง 44

ผลของอายุการเลี้ยงต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของเนื้ออกไก่โคราช
คคีกานต์ เกตุมาลา อมรวิทย์ ไมหี และ ธิวรัมน์ ยงสวัสดิกุล 49

การศึกษาอิทธิพลของน้ำหนักเข้าฆ่าต่อคุณภาพซากและระดับไขมันแทรกของโคนมขุนเพศเมีย
รัชกฤช เลิศภัทรโกมล และ ควรรณกมล น้อยคัด 57

อิทธิพลของน้ำหนักเข้าฆ่าต่อคุณภาพซากและคะแนนไขมันแทรกของโคนมขุนเพศผู้ตอน
ควรรณกมล น้อยคัด และ รัชกฤช เลิศภัทรโกมล 63

อิทธิพลของแหล่งกำเนิดแสงต่อค่าสีของเนื้อสันนอกลุกรที่ 1 ชั่วโมงหลังจากตัดให้สัมผัสอากาศ
รุจจิน ลิ้มศุภวานิช และ ควรรณกมล น้อยคัด 69

คุณภาพซากของโคเนื้อลูกผสมชาโรเลส์และโคเนื้อลูกผสมวากิวเพศผู้ตอนที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่มีอาหารหยาบหรือผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นพื้นฐาน
จำลอง มิตรชาวไทย อัจฉรา ลักขณานุกูล ตินีนาฏ พลโยราช จันทร์พร เจ้าทรัพย์ และ วณชัย สิทธิโกรพงษ์ 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Proceedings of the 6th Meat Science and Technology Conference
18-19 June 2016, Rama Gardens Hotel, Bangkok, Thailand

ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิดกันเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

Consumer Preference on Sensory Characteristics of Thai Fermented Sausage (Isan Sausage) Produced with Different Rice Varieties Compared to Commercial Products

ภานุพงษ์ ดวงขวัญ[1] คมแข พิลาสมบัติ[1*] จำรูญ เล้าสินวัฒนา[2] และ ปิยะดา ทวิชศรี[3]
Panupong Doungkhwan[1], Komkhae Pilasombut[1*], Chamroon Laosinwattana[2] and Piyada Tavitchasri[3]
[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง, [2]ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
[3]สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ชุมพร 86160
[1]Department of Animal Production Technology and Fisheries, [2]Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
[3]Program in Animal Science, Department of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160, Thailand
*Corresponding author: Komkhae.p@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ของประเทศไทย จำนวน 8 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวหอมมะลิที่จำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป 2 ยี่ห้อ และไส้กรอกอีสานทางการค้า 2 ยี่ห้อ พันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองประกอบด้วย ข้าวกล้องขัดขาวสามเดือน นางดำ ดอกข่า สังข์หยด ดอกขาม และสามเดือน โดยใช้ผู้บริโภคทดลองจำนวน 50 คน ทำการประเมินสีและความชอบโดยรวมต่อลักษณะปรากฏของไส้กรอกอีสานดิบ และไส้กรอกอีสานสุก ประเมินสี ลักษณะปรากฏ รสชาติเปรี้ยวกลิ่นเปรี้ยว ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน 7 ระดับ ผลการทดลองพบว่าสีของไส้กรอกอีสานดิบที่ทำจากข้าวกล้องพันธุ์นางดำมีคะแนนสูงสุด คือ 5.33 และไส้กรอกอีสานทางการค้าทั้ง 2 ยี่ห้อ มีคะแนนความชอบต่ำกว่า ($P<0.05$) ขณะที่ความชอบโดยรวมของข้าวทุกชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าไส้กรอกอีสานทางการค้า ($P<0.05$) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสในไส้กรอกอีสานสุก ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสีของไส้กรอกอีสานที่ทำจากข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยดและข้าวหอมมะลิทั้ง 2 ยี่ห้อ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ B มีคะแนนความชอบต่ำสุดคือ 4.59 ($P<0.05$) โดยด้านกลิ่นเปรี้ยว รสชาติเปรี้ยว และลักษณะเนื้อสัมผัส ผู้บริโภคให้คะแนนสูงสุดต่อไส้กรอกอีสานที่ทำจากข้าวกล้องดอกข่าที่ระดับคะแนน 5.16, 5.36 และ 5.14 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 7 และความชอบโดยรวมผู้บริโภคให้คะแนนต่อไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์นางดำมากที่สุดที่ระดับคะแนน 5.50 ซึ่งกล่าวได้ว่าข้าวกล้องพันธุ์นางดำและดอกข่ามีลักษณะโดดเด่นเฉพาะตัวในเรื่องกลิ่นหอมของข้าวจึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค

คำสำคัญ :ความพึงพอใจของผู้บริโภค ลักษณะทางประสาทสัมผัส ไส้กรอกอีสาน ข้าวไร่พื้นเมือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This research studied consumer preferences on sensory characteristics of Isan sausage produced by using six different varieties of native rice form southern Thailand compared to two commercial brands of Thai Jasmin rice from general market and two commercially available products. The native rice varieties included Khadkhawsamdeun, Nangdam, Dokha, Shangyod, Dokham and Samdeun. Fifty consumers evaluated their preferences on color and overall liking on the appearance of raw sausage and Cooked products were evaluated for color, appearance, sour taste, sour odor, texture and overall likingby using 7-point hedonic scale. The results showed that color of Isan sausage made with Nangdam the highest score was at 5.33 and the commercial sausage two brands were lower score (P<005). While, the overall liking to rice all kinds did not significantly different. But, consumer preference the overall liking scores more than commercial sausage (P<0.05).The consumers give score to cooked Isan sausage in color with Shangyod and Thai Jasmin rice two brands (P>0.05) and lowest score was commercial sausage B at 4.59 (P<0.05). The sour taste, sour odor and texture of consumers were given highest score for the Isan sausage made with Dokha at 5.16, 5.36 and 5.14 form 7 score and overall liking, the consumers accepted and give highest score for Isan sausage with Nangdumrice at 5.50. It can be said Nangdum and Dokha are unique in smell of rice, So they are popular rice for consumers.

Keyword: Consumer preference, Sensory characteristics, Isan sausage, Native Rice

บทนำ

ไส้กรอกอีสานหรือไส้กรอกเปรี้ยวเป็นอาหารหมักประเภทเนื้อสัตว์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ทำมาจากเนื้อหมู มันหมู ข้าวสุก กระเทียม พริกไทย น้ำตาลทราย ซอสถั่วเหลือง เกลือ ปรุงรสด้วยเครื่องเทศ สมุนไพร และผสมให้เข้ากัน บรรจุในไส้หมูหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ มัดเป็นเปลาะ ผ่านกระบวนการหมักจนเปรี้ยวใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน และต้องทำให้สุกก่อนบริโภค (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2555; Sriphochanart and Skolpap, 2011; Loypimai et al., 2017) การผลิตไส้กรอกอีสานจะต้องมีข้าวเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตไส้กรอกอีสานจะเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตสำหรับแบคทีเรียกรดแลคติกซึ่งการสร้างกรดแลกติกแล้วทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลงนั้นนับว่าเป็นกลไกสำคัญในการป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นพิษและมีผลที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสีย (Azam et al., 2017) และในบางพื้นที่อาจใช้ข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้าในการผลิตไส้กรอกอีสาน

ข้าวไร่พื้นเมืองเป็นพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกกันมาแต่ดั้งเดิมและนิยมบริโภคหรือใช้ประโยชน์ในท้องถิ่นเท่านั้นอย่างไรก็ตามข้าวพื้นเมืองมีลักษณะเด่นบางประการ เช่น คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน ความหอม ปัจจุบันนี้ข้าวพื้นเมืองกำลังได้รับความสนใจในแง่ของการนำมาใช้ในอุตสาหกรรม การแปรรูป เภสัชกรรม และอาหารเพื่อสุขภาพ (สมทรง และคณะ, 2559) และมีรายงานว่าข้าวพื้นเมืองภาคใต้หลายสายพันธุ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น พันธุ์ดอกขาม สังข์หยด เล็บนก ดอกพะยอม และหอมจันทร์กาบดำ เป็นต้น ซึ่งเยื่อหุ้มเมล็ดในส่วนของผิวเมล็ดจนถึงเยื่อหุ้มเมล็ดมีสารประกอบโพลีฟีโนลิก ฟลาโวนอยด์ และวิตามินอี รวมทั้งแอนโทไซยานิน ส่วนใหญ่เป็น cyanidin-3-glucoside (Tian et al., 2004; Zhou et al., 2004; Pedro et al., 2016; Mau et al., 2017) นอกจากนี้พบว่าข้าวไร่พื้นเมืองดังกล่าวมีสารที่ช่วยในการป้องกันโรคต่างๆ ที่มีสาเหตุจากอนุมูลอิสระ เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคระบบภูมิคุ้มกันผิดปกติ เป็นต้น ทางผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการศึกษาคุณค่าทางอาหารของข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้ตลอดจนการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเป็นแนวทางในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพแก่ผู้บริโภคในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการยอมรับหรือความชอบของผู้บริโภคต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานดิบและสุกที่ผลิตโดยใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้เป็นส่วนผสม

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การผลิตไส้กรอกอีสาน

การผลิตไส้กรอกอีสานตามวิธีการของจุฑารัตน์ และพรรณิภา (2555) ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้คือเนื้อสุกรส่วนสะโพก (46.27%) (w/w) ไขมันสุกร (32.39%) (w/w) และข้าวสุก (13.88%) (w/w) (โดยใช้ข้าวไร่พื้นเมืองแต่ละสายพันธุ์ ดังนี้ คือ 1. ข้าวกล้องลามเดือน 2. ขัดขาวลามเดือน 3. นางดำ 4. ดอกขาม 5. ดอกข่า 6. สังข์หยด และข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป 2 ยี่ห้อ) กระเทียม 4.63% (w/w) พริกไท 0.38%(w/w) น้ำตาล 0.46% (w/w) ผงชูรส 0.23% (w/w) ผงเพรก 0.93% (w/w) เกลืออิริโทรเบต 0.09% (w/w) เกลือฟอสเฟต 0.28% (w/w) และเกลือแกง 0.46% (w/w) ซึ่งขั้นตอนการผลิตไส้กรอกอีสานมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้โดยนำเนื้อสุกรและมันแข็งสุกรมาบดหยาบ นวดกับผงเพรก เกลือแกงแล้วผสมมันหมูกับข้าวสุกคลุกให้เข้ากันเติมเครื่องปรุงอื่นแล้วนวดผสมให้เข้ากัน บรรจุส่วนผสมลงในไส้สุกร มัดเป็นท่อนๆ โดยมีวิธีการหมักแบบบรรจุถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน และทำการเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป 2 ยี่ห้อ และไส้กรอกอีสานทางการค้า 2 ยี่ห้อ

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานดิบโดยให้ผู้บริโภคประเมินคุณภาพสี และความชอบโดยรวมที่มีต่อลักษณะปรากฏด้วยสายตา ส่วนผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานสุก ทำการทดสอบตามวิธีของ Meilgaard et al. (1987) โดยทดสอบ 6 ลักษณะ ได้แก่ สี ลักษณะปรากฏ กลิ่นเปรี้ยว รสชาติเปรี้ยว ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีผู้ทดสอบเป็นอาจารย์ บุคลากร และนักศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ทำการประเมินโดยวิธี Affective test ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 7 ระดับ (7-Point hedonic scale) ตั้งแต่ 1-7 ดังต่อไปนี้ 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2= ไม่ชอบมาก 3=ไม่ชอบ 4=เฉยๆ 5=ชอบ 6=ชอบมาก และ 7=ชอบมากที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

รายงานค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) ของค่าที่วัดได้ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ค่า One-way ANOVA วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windows version 16.0: SPSS Inc.)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานดิบ

จากการศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานดิบที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้จำนวน 6 สายพันธุ์ โดยทำการเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป 2 ยี่ห้อ และไส้กรอกอีสานทางการค้า 2 ยี่ห้อ ทำการประเมินลักษณะปรากฏด้วยสายตา ได้แก่ สี และความชอบโดยรวมพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อสีของไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์นางดำและข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไปยี่ห้อ B มากกว่าข้าวกล้องพันธุ์ดอกขามมีคะแนนเท่ากับ 5.35 และ 5.33 ($P<0.05$) แสดงว่าผู้บริโภคชอบและมีแนวโน้มถึงชอบมากและให้คะแนนความชอบมากกว่าไส้กรอกอีสานทางการค้าทั้ง 2 ยี่ห้อ ($P<0.05$) ส่วนค่าความชอบโดยรวมต่อการใช้ข้าวทุกชนิดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 4.88-5.38 แสดงว่าผู้บริโภคเฉยๆและมีแนวโน้มถึงชอบมากแต่ผู้ทดสอบให้คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบโดยรวมมากกว่าไส้กรอกอีสานทางการค้าทั้ง 2 ยี่ห้อ ($P<0.05$) มีคะแนนเท่ากับ 3.71 และ 3.78 ตามลำดับแสดงว่าผู้บริโภคไม่ชอบและเฉยๆกับไส้กรอกอีสานทางการค้า แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อสี และความชอบโดยรวมต่อลักษณะปรากฏของไส้กรอกอีสานดิบที่ผลิต โดยใช้ข้าวต่างชนิดกันเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า (Mean ± SD)

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน	สี	ความชอบโดยรวม
ไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ A	3.69±0.87$^{a,1/}$	3.71±0.97^{a}
ไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ B	3.95±1.10^{a}	3.88±1.19^{a}
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ A	5.31±1.09^{bc}	5.31±1.05^{b}
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ B	5.33±1.07^{c}	5.29±1.07^{b}
ข้าวกล้องนางคำ	5.35±1.01^{c}	5.38±1.03^{b}
ข้าวกล้องขัดขาวสามเดือน	5.14±1.03^{bc}	5.07±1.07^{b}
ข้าวกล้องดอกข่า	5.19±1.06^{bc}	5.31±1.12^{b}
ข้าวกล้องสังข์หยด	5.00±1.23^{bc}	5.00±1.25^{b}
ข้าวกล้องดอกขาม	4.80±0.99^{b}	4.88±1.09^{b}
ข้าวกล้องสามเดือน	5.10±1.01^{bc}	5.05±1.13^{b}

[1/]ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]คะแนนความชอบ โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบ 4 = เฉยๆ 5 = ชอบ 6 = ชอบมาก และ 7= ชอบมากที่สุด

2. *คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานสุก*

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานสุกที่ใช้ข้าวไร่พื้นเมืองภาคใต้จำนวน 6 สายพันธุ์ โดยทำการเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป 2 ยี่ห้อ และไส้กรอกอีสานทางการค้า 2 ยี่ห้อ ทำการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นเปรี้ยว รสชาติเปรี้ยว และความชอบโดยรวม ภายหลังการทำให้สุกโดยวิธีการอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกอีสาน (2546) แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านสีผู้บริโภคชอบไส้กรอกอีสานที่ผลิตโดยใช้ข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยด และข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไปทั้ง 2 ยี่ห้อ มีคะแนนเท่ากับ 5.33, 5.35 และ 5.30 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แสดงว่าผู้บริโภคชอบและมีแนวโน้มถึงชอบมากนอกจากนี้พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบต่อด้านสีมากกว่าไส้กรอกอีสานที่ผลิตจากข้าวกล้องพันธุ์ดอกขาม และไส้กรอกอีสานทางการค้ายี่ห้อ B ($P<0.05$) ด้านลักษณะปรากฏไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ A มีคะแนนสูงที่สุด (5.35) แสดงว่าผู้บริโภคชอบและมีแนวโน้มถึงชอบมากซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับไส้กรอกอีสานที่ผลิตจากข้าวกล้องพันธุ์ดอกขาม และไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ B นอกจากนี้ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ดอกข่ามีคะแนนความชอบด้านกลิ่นเปรี้ยว รสชาติเปรี้ยว และด้านลักษณะเนื้อสัมผัสสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 5.16, 5.36 และ 5.14 ตามลำดับ แสดงว่าผู้บริโภคชอบและมีแนวโน้มถึงชอบมาก ซึ่งไส้กรอกอีสานทางการค้ายี่ห้อ B มีคะแนนต่ำกว่าทั้ง 3 ด้าน ($P<0.05$) และเมื่อพิจารณาด้านรสชาติของไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อ B พบว่ามีคะแนนความชอบต่ำกว่าเนื่องจากมีส่วนผสมเพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้าในการลดต้นทุนการผลิต เช่น การเติมถั่วเหลือง และน้ำส้มสายชู สารคงสภาพของสี สารทำให้เกิดความชุ่มชื้น และสารป้องกันการออกซิเดชันในส่วนผสม และด้านความชอบโดยรวมไส้กรอกอีสานทางการค้ายี่ห้อ B มีคะแนนน้อยที่สุด คือ 4.21 ($P<0.05$) แสดงว่าผู้บริโภคเฉยๆ และมีแนวโน้มถึงชอบ ในขณะที่ไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์นางดำดอกข่า สังข์หยด และข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไปทั้ง 2 ยี่ห้อ มีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 5.07-5.50 แสดงว่าผู้บริโภคชอบและมีแนวโน้มถึงชอบมาก ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์นางดำมีคะแนนความชอบสูงที่สุด คือ 5.50

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานสุกที่ผลิตโดยใช้ข้าวต่างชนิดกันเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า (Mean ± SD)

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสาน	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นเปรี้ยว	รสชาติเปรี้ยว	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อA	5.00±0.88^{abcd}	5.02±0.94^{abc}	5.11±0.72^{b}	4.52±1.13^{ab}	4.57±1.15^{abc}	4.90±1.18^{bc}
ไส้กรอกอีสานทางการค้า ยี่ห้อB	4.59±1.02^{e}	4.71±0.99^{ab}	4.42±1.07^{e}	4.26±1.29^{a}	4.26±1.14^{a}	4.21±1.28^{a}
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อA	5.35±0.76^{b}	5.35±0.82^{c}	4.97±1.09^{c}	5.04±1.01^{bcde}	5.04±0.99^{cd}	5.30±0.92^{bcd}
ข้าวหอมมะลิจากท้องตลาดทั่วไป ยี่ห้อ B	5.30±1.02^{b}	5.00±1.01^{abc}	4.92±1.00^{cd}	5.00±1.10^{bcde}	4.88±0.94^{bcd}	5.07±0.97^{bcd}
ข้าวกล้องนางดำ	5.16±0.85^{bc}	5.11±1.09^{bc}	5.09±1.03^{b}	5.21±1.12^{bc}	5.09±1.12^{cd}	5.50±1.04^{d}
ข้าวกล้องขัดขาวสามเดือน	5.11±1.02^{bc}	5.02±1.07^{abc}	4.89±1.15^{de}	4.61±1.21^{abc}	4.76±1.23^{abcd}	4.90±1.10^{bc}
ข้าวกล้องดอกข่า	5.11±0.92^{bc}	5.09±1.03^{abc}	5.16±0.99^{b}	5.30±1.12^{b}	5.14±1.09^{c}	5.40±0.99^{cd}
ข้าวกล้องสังข์หยด	5.33±1.00^{b}	4.76±0.98^{abc}	5.07±1.16^{b}	5.15±1.17^{bcd}	5.07±1.07^{cd}	5.38±1.01^{bcd}
ข้าวกล้องดอกขาม	4.71±1.37^{cde}	4.59±1.15^{e}	4.69±1.12^{de}	4.73±1.21^{abcd}	4.83±1.06^{bcd}	4.92±1.13^{bc}
ข้าวกล้องสามเดือน	5.00±0.95^{bcd}	5.02±0.92^{abc}	4.71±1.13^{de}	4.71±1.04^{abcd}	4.42±1.19^{de}	4.85±0.98^{b}

‡ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

† คะแนนความชอบ โดย1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบ 4 = เฉยๆ 5 = ชอบ 6 = ชอบมาก และ 7= ชอบมากที่สุด

สรุปและข้อเสนอแนะ

การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อลักษณะปรากฏของไส้กรอกอีสานดิบช่วยส่งผลให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบไส้กรอกอีสานที่ทำจากข้าวกล้องพันธุ์นางดำมากที่สุดขณะที่ความชอบโดยรวมของข้าวทุกชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่ไส้กรอกอีสานที่ทำจากข้าวกล้องพันธุ์นางดำมีคะแนนความชอบสูงสุดอาจเป็นไปได้ว่าข้าวที่นำมาผลิตไส้กรอกอีสานมีสีต่างจากข้าวพันธุ์อื่น ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานสุกผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ดอกข่าสูงสุดในด้านกลิ่นเปรี้ยว รสชาติเปรี้ยว และลักษณะเนื้อสัมผัสในขณะที่ความชอบโดยรวมของไส้กรอกอีสานที่ใช้ข้าวกล้องพันธุ์นางดำผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อไส้กรอกอีสานมากที่สุด ซึ่งกล่าวได้ว่าข้าวกล้องพันธุ์นางดำและดอกข่ามีลักษณะโดดเด่นเฉพาะตัวในเรื่องกลิ่นหอมจึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนทุนงานวิจัยจากงบประมาณรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 คณะเทคโนโลยีการเกษตร ในโครงการวิจัยเรื่อง "การเปรียบเทียบกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานต่อคุณภาพและความปลอดภัย"

เอกสารอ้างอิง

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และพรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ. 2555. การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ ใน เอกสารประกอบการอบรมการแปรรูปเนื้อสัตว์ครั้งที่ 4. ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2555. ไส้กรอกอีสานหมู. กรุงเทพมหานคร. สำนักงานมาตรฐานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. กระทรวงอุตสาหกรรม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมทรง โชติชื่น อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ สกุล มูลคา จรัญจิต เพ็งรัตน์ นิธิศ แสงอรุณ และลำเริง แซ่ตัน. 2559. คุณค่าทางโภชนาการของข้าวพื้นเมืองไทยบางพันธุ์. กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. กรุงเทพมหานคร.

Azam, M., M. Mohsin, H. Ijaz, U. R. Tulain, M. A. Ashraf, A. Fayyaz, Z. Abadeen, and Q. Kamrn. 2017. Lactic acid bacteria in traditional fermented Asian foods. PJPS. 30(5):1803-1814.

Loypimai, P., A. Moongngarm, and S. Naksawat. 2017. Application of natural colorant from black rice bran for fermented Thai pork sausage-Sai Krok Isan. Int. Food Res. J. 24(4):1529-1537.

Mau, J. L., C. C. Lee, Y. P. Chen, and S. D. Lin. 2017. Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chiffon cake prepared with black rice as replacement for wheat flour. Food Sci. Technol. 75:434-439.

Meilgaard, M., G. V. Civille, and B. T. Carr. 1987. Sensory evaluation techniques. Florida. CRC Press.

Pedro, A. C., D. Granato, and N. D. Rosso. 2016. Extraction of anthocyanins and polyphenols from black rice (*Oryza sativa* L.) by modeling and assessing their reversibility and stability. Food Chem. 191:12-20.

Sriphochanart, W. and Skolpap, W. 2011. The use of selected lactic acid bacteria starter cultures for improved Thai sausage fermentation. J. Food Process. Pres. 35(3):291-298.

Tian, S., K. Nakamura, and H. Kayahara, H. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice and germinated brown rice. J. Agric. Food Chem. 52:4808-4813.

Zhou, Z., K. Robards, S. Helliwelland, and C. Blanchard. 2004. The distribution of phenolic acids in rice. Food Chem. 87:401-406.

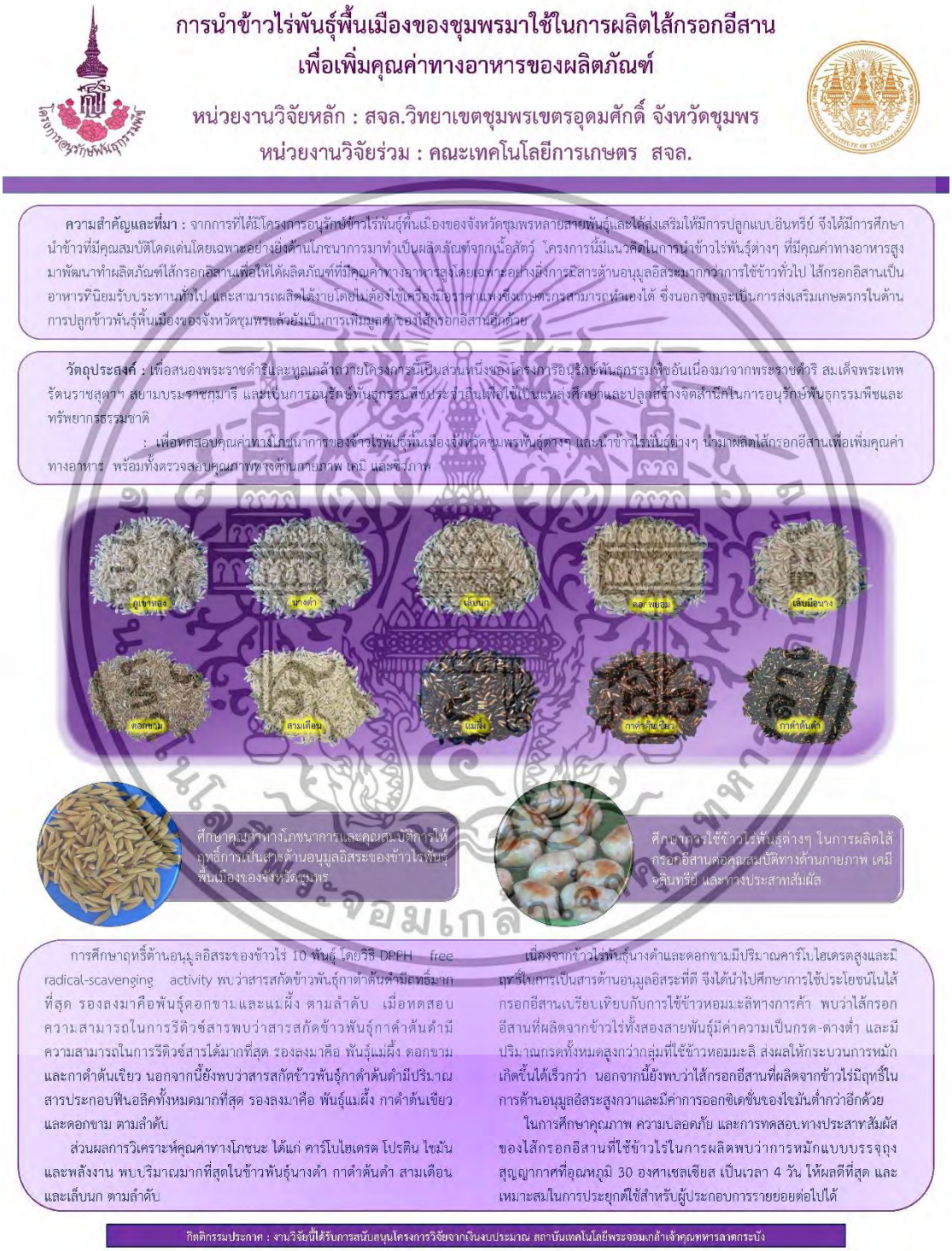
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเผยแพร่ผลงานการวิจัย

3.1 จัดนิทรรศการ “ข้าวไร่-ไส้กรอก” ในงาน “ข้าวไร่ ๔ ภาค ประจำปี ๒๕๖๒” ระหว่างวันที่ 16-18 กุมภาพันธ์ 2562 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 จัดนิทรรศการ “การนำข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของชุมพรมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสานเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์” ของบูธนิทรรศการเฉลิมพระเกียรติ อพ.สธ. ในงาน “ชุมแพะ@ชุมพร” ระหว่างวันที่ 30-31 มีนาคม 2562 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

(สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสโครงการ/รหัสสัญญา.....

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 3 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2560

☑ แหล่งงบประมาณแผ่นดิน (แบบปกติ) ☐ แหล่งเงินรายได้ ☐ แหล่ง .....

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การนำข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองของชุมพรมาใช้ในการผลิตไส้กรอกอีสานเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์

(ภาษาอังกฤษ) The introduction of upland rice varieties used in the production of E-san sausage to increase value of products

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) ผศ.ดร.ปิยะดา ทวิชศรี

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2560

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2560

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 317,050 บาท 85 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป) 13 มกราคม 2560
งวดที่ 2 55,950 บาท 15 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป) 20 มิถุนายน 2560

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร : ค่าจ้างชั่วคราว	-		
งบดำเนินงาน	-		
ค่าตอบแทน	-		
ค่าใช้สอย	131,000	131,005	(5)
ค่าวัสดุ	242,000	245,144.94	(3,144.94)
ค่าสาธารณูปโภค	-		
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-		
รวม	373,000	376,149.94	(3,149.94)

(ผศ.ดร.ปิยะดา ทวิชศรี) ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน 23 / พฤศจิกายน / 2560	(ผศ.ดร.ปิยะดา ทวิชศรี) ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง 23 / พฤศจิกายน / 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

1. หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) **:** นางสาวปิยะดา ทวิชศรี

(ภาษาอังกฤษ) **:** Miss Piyada Tavitchasri

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3939900152227

ตำแหน่งปัจจุบัน : ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ (ที่ทำงาน)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 17/1 หมู่ 6 ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 86160

โทรศัพท์ 0-7750-6425 **โทรสาร** 0-7750-6410

โทรศัพท์มือถือ 08-1894-8022 ***E-mail :*** piyada.ta@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานศึกษาและประเทศ
วท.ด. (สัตวศาสตร์)	2550	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย
วท.ม. (สัตวศาสตร์)	2544	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประเทศไทย
วท.บ. (สัตวศาสตร์)	2540	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประเทศไทย

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

ก. ผลงานวิจัยตีพิมพ์ (ระดับชาติ และระดับนานาชาติ) (ชื่อผลงาน ชื่อวารสาร แหล่งทุน ปีที่พิมพ์)

1) พัชรา เอื้อพัฒนพงศ์ **ปิยะดา ทวิชศรี** นวลพรรณ งามยิ่สุน และจุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2552. คุณภาพเนื้อบางประการของกล้ามเนื้อแต่ละชนิด. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 1, 17-18 ธันวาคม 2552. น. 99-103.

2) จุฑารัตน์ เศรษฐกุล ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ ปีย์ชนิต อินทรพรอุดม และ**ปิยะดา ทวิชศรี**. 2553. คุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองและโคลูกผสมพันธุ์ต่างๆ ภายใต้ระบบการผลิตเนื้อโคและระยะเวลาการบ่มที่แตกต่างกัน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า (ฉบับพิเศษ). 28(2): 17 – 25.

3) **ปิยะดา ทวิชศรี** และ อังคณา ทุมดี. 2553. การสำรวจการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มในอาหารเนื้อสัตว์ปรุงแต่ง กรณีศึกษาร้านหมูกระทะจังหวัดชุมพร, น. 54 - 58. ใน การประชุมวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 2, 17-18 ธันวาคม 2553. ดอนเมือง, กรุงเทพฯ.

4) ณัฐพงศ์ รัตนเดช ก้องเกียรติ เติมสุข วิทยา บรรพชาติ และ**ปิยะดา ทวิชศรี**. 2554. ผลิตภัณฑ์เนื้อหมูรมควันจากตู้อบรมควันชนิดดูดกลับอากาศร้อน, น. 199. ใน การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 9. 23 - 24 มิถุนายน 2554. ชลบุรี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) จุฑารัตน์ เศรษฐกุล พัชรา เอื้อพัฒนพงศ์ ฉันทวัฒน์ อาชวาคม เกียรติศักดิ์ เหล็งหนูดำ นวลพรรณ งามยี่สุ่น และ**ปิยะดา ทวิชศรี**. 2555. ความนุ่มของเนื้อโคพื้นเมืองจังหวัดตากที่เลี้ยงด้วยหญ้าปลูก. ใน การประชุมวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 3, 21-22 มิถุนายน 2555. นนทบุรี. 64-69.

6) นวลพรรณ งามยี่สุ่น พัชรา เอื้อพัฒนพงศ์ มยุรินทร์ รักทอง เกียรติศักดิ์ เหล็งหนูดำ **ปิยะดา ทวิชศรี** และจุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2555. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัดความนุ่มของเนื้อโคพื้นเมืองไทย. ใน การประชุมวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 3, 21-22 มิถุนายน 2555. นนทบุรี. 38-43.

7) **ปิยะดา ทวิชศรี** พัชรา เอื้อพัฒนพงศ์ มยุรินทร์ รักทอง นวลพรรณ งามยี่สุ่น และจุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2555. คุณภาพเนื้อของโคขุนลูกผสมซิมเมนทอลเลี้ยงภายใต้ระบบการผลิตของสหกรณ์โคขุนโพนยางคำ. ใน การประชุมวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 3, 21-22 มิถุนายน 2555. นนทบุรี. 70-77.

8) **Tavitchasri, P.**, C. Kanthapanit, W. Wajjwalku and J. Sethakul. 2007. Production of Polyclonal Antibodies Against Calpastatin Gene Domain I from Skeletal Muscle of the Kamphaeng Saen Beef Breed. Kasetsart Journal Natural Science. Vol. 41, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. pp 493 – 501.

9) **Tavitchasri, P.,** P. Uaphattanaphong, W. Wajjwalku, N. Ngamyeesoon and J. Sethakul. 2009. Meat Tenderness and the Calpastatin Degradation of Thai Native and Crossbred cattle. The 55th International Congress of Meat Science and Technology (55th ICoMST), August 16-21, 2009. Copenhagen, Denmark.

10) **Tavitchasri, P.,** J. Sethakul, C. Kanthapanit and W. Wajjwalku. 2010. Identification of SNP Marker in the Calpain Gene of the Crossbred Cattle in Thailand. The 56th International Congress of Meat Science and Technology (56th ICoMST), August 16-20, 2010. Jeju, Korea.

11) Uaphattanaphong, P., **P. Tavitchasri**, N. Ngamyeesoon and J. Sethakul. 2010. Meat Quality and Calpastatin Quantification During Ageing of Thai Native and Simmental Crossbred Cattle. The 14th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies (14th AAAP), August 23-27,2010. Pingtung, Taiwan, the Republic of China.

12) **P. Tavitchasri**, J. Sethakul, C. Kanthapanit and W. Wajjwalku. 2011. Single Nucleotide Polymorphism Genotyping of Calpastatin Gene Using the ARMS Compared with the RFLP. Journal of Agricultural Science and Technology. 1(2): 164-169.

13) **Tavitchasri P.**, Uaphattanaphong P., Artchawakom C., Rakthong M., Ngamyeesoon N. and Sethakul J. 2011. Meat Tenderness of Thai Native Cattle from Different Area of Thailand, C0061. The 57th International Congress of Meat and Technology (ICoMST 2011). 7-12 August, 2011. Ghent, Belgium.

14) **Tavitchasri P.**, Uaphattanaphong P., Ngamyeesoon N. and Sethakul J. 2012. Meat Quality and Calpastatin Quantification of Thai Native Bovine Muscles. The 58th International Congress of Meat and Technology (ICoMST 2012). 12-17 August, 2012. Montreal, Canada.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15) **Tavitchasri P.**, Janthiman, N., Thumdee A. and Pilasombut K. 2013. Evaluation of green tea extract as antioxidant in semi-dried sweet pork. Proceedings of the 59th International Congress of Meat Science and Technology. 18-23 August, 2013. Izmir, Turkey.

16) **P. Tavitchasri**, D. Taemchuay, O. Choola-aied and W. Wajjwalku. 2014. Effects of Prolactin Marker on Milk Production Traits in Murrah Buffaloes of Thailand. The 16th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies (16th AAAP), November 10-14, 2014. Yogyakarta, Indonesia. 1419-1422.

17) T. Kanloung, R. Hengtrakunsin, D. Taemchuay, and **P. Tavitchasri**. 2014. Some Factors Affecting Total Milk Yield, Persistency and Milk per Day of Buffaloes in Thailand. The 16th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies (16th AAAP), November 10-14, 2014. Yogyakarta, Indonesia. 1469-1471.

18) T. Kanloung, R. Hengtrakunsin, D. Taemchuay, and **P. Tavitchasri**. 2014. Mathematical Models of the Lactation Curve to Monthly Records of Milk Production of Murrah Buffalo in Thailand. The 16th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies (16th AAAP), November 10-14, 2014. Yogyakarta, Indonesia. 1472-1474.

19) D. Taemchuay, S. Viriyarampa, **P. Tavitchasri**, and H. Sayan. 2014. Prevalence of Mastitis Pathogens in Murrah Buffaloes. The 16th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies (16th AAAP), November 10-14, 2014. Yogyakarta, Indonesia. 2410-2412.

20) **ปิยะดา ทวิชศรี**, เทียมพบ ก้านเหลือง, ดวงกมล แต้มช่วย และวรวิทย์ วัชชวัลคุ. **2558.** การศึกษารูปแบบของยีน kappa-casein ในกระบือนมพันธุ์มูร่าห์ด้วยวิธี PCR-RFLP. วารสารแก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ). 43(1): 439-444.

21) เทียมพบ ก้านเหลือง, **ปิยะดา ทวิชศรี**, ดวงกมล แต้มช่วย และรัญจวน เฮงตระกูลสิน. **2558.** อิทธิพลของลำดับการตั้งท้องและปีต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของกระบือมูร่าห์. วารสารแก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ). 43(1): 450-454.

22) **P. Tavitchasri**, T. Kanloung, D. Taemchuay and W. Wajjwalku. 2015. Polymorphism Identification of PIT-I Gene in Murrah Buffaloes. The 5th International Conference on Engineering and Applied Science (5th ICEAS), July 20-22, 2015. Sapporo, Hokkaido, Japan. 340-346.

23) **ปิยะดา ทวิชศรี** กฤษณะ กลัดแก้ว เทียมพบ ก้านเหลือง เกรียงศักดิ์ หามะฤทธิ์ และวรวิทย์ วัชชวัลคุ. **2559.** การสำรวจชนิดของนกแสกและนกเค้าในพื้นที่ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร. วารสารแก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ). 44(1): 389-394.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24) **Piyada Tavitchasri**, Nualphan Ngamyeesoon and Komkhae Pilasombut. 2016. Decontamination of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* on the chicken drumstick using ozonated water, lactic acid and sodium hypochlorite solution. The 17th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies (17th AAAP), August 22-25, 2016. Fukuoka, Japan. 1406-1408.

25) Thiamphop Kanloung, **Piyada Tavitchasri**, Jongruk Kongyim and Ranchuan Hengtrakunsin. 2016. Estimation of genetic parameters for milk production and lactation length for the Murrah buffalo in Thailand. The 17th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies (17th AAAP), August 22-25, 2016. Fukuoka, Japan. 1612-1613.

2. นักวิจัยร่วมโครงการ

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) : นางคมแข พิลาสมบัติ
(ภาษาอังกฤษ) : Mrs. Komkhae Pilasombut
เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3301300610371
ตำแหน่งปัจจุบัน : ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สถานที่ติดต่อ (ที่ทำงาน)
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ
โทรศัพท์ 02-3298519 **โทรสาร** 02-3298519
โทรศัพท์มือถือ 085-0642039 **E-mail :** kpkomkha@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานศึกษาและประเทศ
ปร.ด. (เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร)	2549	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย
วท.ม. (สัตวศาสตร์)	2540	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประเทศไทย
วท.บ. (เกษตรศาสตร์/สัตวศาสตร์)	2534	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประเทศไทย

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ
จุลชีววิทยาเนื้อสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยที่รับผิดชอบ : ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับระดับชาติและนานาชาติ

1. Pilasombut, K., Waljjwalku, W., Nitisinprasert, S., Swetwiwathana, A and Sakpuaram, T. 2002. Isolation of lactic acid bacteria and its characterization of bacteriocin-like activity from chicken intestine. 2002. The 14th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology. November 12-15. Khon Kaen, Thailand.

2. Pilasombut, K., Tanjak, P and Nitisinprasert, S. 2005. Screening of lactic acid bacteria isolated from chicken intestine for use as Probiotic. Symposium on Lactic Acid Bacteria. Genetics, Metabolism and Applications. August 28 to Septemper 1. Egmond ann Zee, The Netherlands.

3. Komkhae Pilasombut, Worawidh Wajjwalku, Sunee Nitisinprasert, Adisorn Swetwiwathana , Takeshi Zendo, Koji Fujita, Jiro Nakayama, Kenji Sonomoto. and Thavajchai Sakpuaram. 2005. Screening and characterization of bacteriocin producing lactic acid bacteria isolated from chicken intestine. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 39: 612-621.

4. Pilasombut, K., Sakpuaram, T., Wajjwalku, W., Nitisinprasert, S., Swetwiwathana, A., Zendo, T., Fujita, K, Nakayama, J and Sonomoto, K. 2006. Purification and amino acid sequence of a bacteriocin produced by *Lactobacillus salivarius* K7 isolated from chicken intestine. J. Sci. and Technol. Vol. 28 (Suppl. 1): 121-132.

5. Pilasombut, K., Srithaneadchai, P., and Mekhora, T., 2007. A study of bacterial contamination on beef obtained from fresh market in Bangkok, Thailand. Proceeding of the international conference, On integration of science and technology for sustainable development "biological diversity, food and agricultural technology. 26-27 April, 2007. Bangkok, Thailand. 86-89 p.

6. Pilasombut. K., Ounruan, A., Opatpatanakit, Y., and Sethakul, J. 2007. Influence of lactic acid on reduction of bacterial population of Thai native beef. Thailand. Proceeding of the international conference, On integration of science and technology for sustainable development " biological diversity, food and agricultural technology. 26-27 April, 2007. Bangkok, Thailand. 410-414 p.

7. Pilasombut. K.,Ounruan, A., Opatpatanakit, Y., and Sethakul, J. 2007. Microbial decontamination by dipping lactic acid solution on pork stored at room temperature. Proceedings of 53rd International Congress of Meat Science and Technology. 5th-10th August 2007, Beijing, China. 35-36p.

8. คมแข พิลาสมบัติ. 2550. การลดเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเอนบนเนื้อสัตว์โดยใช้สารละลายกรดแลกติก. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 25: 103-112.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. คมแข พิลาสมบัติ ปริดา ธนสุกาญจน์ พิสิฐ วงศ์สง่าศรี และ ปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์. 2550. การยืดอายุการเก็บรักษาและยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Escherichia coli* และ *Salmonella typhimurium* ในเนื้อสุกรแช่เย็นด้วยกรดและเกลือของกรดอินทรีย์. การประชุมทางวิชาการ “นเรศวรวิจัย” ครั้งที่ 3: ความสำเร็จของการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ วันที่ 28-29 กรกฎาคม 2550. มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก. 75-82 น.

10. คมแข พิลาสมบัติ พิสิฐ วงศ์สง่าศรี และ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2551. การลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์บนเนื้อสุกรในการเก็บที่สภาวะอุณหภูมิห้องโดยการฉีดพ่นด้วยสารละลายกรดแลกติก. การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ครั้งที่ 4: การรุกคืบของการผลิตพลังงานทดแทนต่อการผลิตปศุสัตว์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 305-308 น.

11. คมแข พิลาสมบัติ อังคณา ทุมดี พงศ์ศักดิ์ ศรีธเนศชัย และ ธำรงค์ เมฆโหรา. 2551. การสำรวจการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์บนเนื้อโคในเขตกรุงเทพมหานคร. การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ครั้งที่ 4: การรุกคืบของการผลิตพลังงานทดแทนต่อการผลิตปศุสัตว์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 318-321 น.

12. ปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์ คมแข พิลาสมบัติ พิสิฐ วงศ์สง่าศรี และ อังคณา ทุมดี. 2551. ผลของสารละลายกรดและเกลือของกรดอินทรีย์ต่อการยืดอายุการเก็บรักษา การยับยั้งการเจริญของ*เชื้อ Escherichia coli* และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่แช่เย็น, วารสารเกษตรนเรศวร. 11: 107-117.

13. Meesawat, P., Thongkhao, K., Choowongkomon, K., and Pilasombut, K. 2007. Cloning and Over expression of Bacteriocin Produced by *Lactobacillus salivarius* K4 IN *Escherichia coli*. การประชุมวิชาการการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา สจล. ครั้งที่ 1. 28 สิงหาคม 2551, Bangkok, Thailand. 402-408p.

14. Thongkhao, K., Meesawat, P., Choowongkomon, K., Nitisinprasert, S., and Pilasobut, K., 2008. Cloning, Expression and Purification of ABP118β like Bacteriocin in *Escherichia coli*. Chulabhorn Research Institute Conference Center. 28th-29th August 2008, Thailand. 43 p.

15. Pilasombut, K. 2008. Effects of lactic acid solution associated with postmortem aging on Longissimus M. quality of Thai Native beef. Proceedings of 13rd Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. 22th-26th. Animal Husbandry Association of Vietnam. 76p.

16. Limsupavanich, R., Thumdee, A., Pilasombut, K., and Sethakul, J., 2008. Display Quality of Longissimus Steaks from NaturalGrass Grazed Native Thai and Pineapple Byproducts-fed Brahman Cross-bred Cattle. Proceedings of 13rd Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. 22 th-26th . Animal Husbandry Association of Vietnam. 75p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. Pilasombut, K., Swetwiwathana, A., Sitthigripong, R., and Sethakul, J. 2009. Screening of bacteriocin-like inhibitory substances from lactic acid bacteria for fermented meat starter culture. the 55th International Congress of Meat Science and Technology, Meat - Muscle, Manufacturing and Meals. August 16-22, 2009, Copenhagen, Denmark.

18. Swetwiwathana, A., Pilasombut, K. and Sethakul, J. 2009. An in-vitro screening of isolated bacteriocin-producing lactic acid bacteria from Thai fermented meat for probiotic prospect. the 55th International Congress of Meat Science and Technology, Meat - Muscle, Manufacturing and Meals. August 16-22, 2209, Copenhagen, Denmark.

19. Rumjuankiat, K., Pilasombut, K., Wangwibulkit, S. and Swetwiwathana, A. 2009. Screening and partial characterization of bacteriocin from lactic acid bacteria in fish gastrointestinal tract. Pp. 1-10. in: Proceeding of the 3rd International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products, August 26-28, 2009; Kosa Hotel, Thailand.

20. Narakaew, T., Pilasombut, K., Ngamyeesoon, N. and Swetwiwathana, A. 2009. Preliminary characterization of *Lactobacillus salivarius* K7 for probiotic properties. Pp. 1-10. *In*: Proceeding of the 3rd International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products, August 26-28, 2009; Kosa Hotel, Thailand.

21. คมแข พิลาสมบัติ นวลพรรณ งามยิ่งสุน และอดิสร เสวตวิวัฒน์. 2553. การศึกษาคุณสมบัติการเป็นโปรไบโอติกของ *Lactobacillus salivarius* K4 ที่แยกจากลำไส้ไก่. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 28:2 (19-28).

22. Veerawatanayotin, S., Jindaprasert, A., Pilasombut, K., Sethakul, J. and Swetwiwathana, A., 2010. Effect of pediocin PA-1, pH and nitrite on *Salmonella* Anatum and *S.* Ratchaburi in simulated Nham (traditional Thai fermented meat sausage) model broth. the 56th International Congress of Meat Science and Technology, August 15-20, 2010, Jeju, Korea.

23. Pawkratok, N., A. Jindaprasert, K. Pilasombut, J. Sethakul and A. Swetwiwathana. 2010. Effect of Bacteriocin-Producing *Weissella cibaria* SI 21 and *Lactobacillus plantarum* RS 49 on *Staphylococcus aureus in* Isan sausage (traditional Thai fermented meat-rice sausage) model broth. the 56th International Congress of Meat Science and Technology, August 15-20, 2010, Jeju, Korea.

24. Pilasombut, K., Swetwiwathana, A., Ngamyeesoon, N., Sitthigripong, R., and Sethakul, J. 2010. Synergistic activity of bacteriocin-producing lactic acid bacteria as starter culture and fresh garlic against *Salmonella* Typhimurium in Nham model broth, Thai fermented meat product. the 56th International Congress of Meat Science and Technology, August 15-20, 2010, Jeju, Korea.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25. Pilasombut, K., Ngamyeesoon, N. and Sethakul, J. 2010. Antimicrobial activity of green tea extract (*Camellia Sinessis*) on refrigerated ground pork. the 56th International Congress of Meat Science and Technology, August 15-20, 2010, Jeju, Korea.

26. Thongkhao, K., Meesawat, P., Pilasombut, K., Nitisinprasert, S. and Chuwongkomon, K. 2008. Optimization of expression vector to produce Abp118α like bacteriocin and Abp118β like bacteriocin in *Escherichia coli*. 34th Congress on Science and Technology Thailand (STT 34). October 31 - November 2, 2008. Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok Thailand.

27. Tuntivisoottikul, K., Pilasombut, K., Limsupavanich, R. and Sethakul, J. 2010. The effect of ageing technique associated with lactic acid spray and ageing times on beef quality. The 14th Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan.

28. Maneenin, N., Pilasombut, K., Bundit, J. and Sethakul, J. 2010. Effect of green tea (*Camellia Sinessis*) extract on lipid oxidation and meat quality in raw ground pork refrigerated storage. The 14th Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan.

29. Luangvaree, P., Pilasombut, K., Tuntivisoottikul, K. and Sethakul, J. 2010. Shelf-life extension and microbial reduction of beef on dry ageing by lactic acid solution. The 14th Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan.

30. คมแข พิลาสมบัติ และอังคณา ทุมดี. 2553. การลดเชื้อจุลินทรีย์บนเนื้อสุกรเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10-15°C โดยการจุ่มด้วยสารละลายกรดแลกติก.การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 2. 17-18 สิงหาคม 2553, Bangkok, Thailand. 59-64p.

31. อรุณวรรณ อินทร์ช่วย คมแข พิลาสมบัติ รุจริน ลิ้มศุภวานิช จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และอดิศร เสวตวิวัฒน์. 2553. คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อโคเมื่อใช้เชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 และ *Lactobacillus salivarius* D 4 เป็นกล้าเชื้อ. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 2. 17-18 สิงหาคม 2553, Bangkok, Thailand. 65-70p.

32. ปรมาภรณ์ เจ็ดวรรณะ คมแข พิลาสมบัติ รุจริน ลิ้มศุภวานิช จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และอดิศร เสวตวิวัฒน์. 2553. ผลของการใช้เชื้อ *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* P 2 และ Sb 2 ที่มีต่อคุณสมบัติทางจุลินทรีย์ของแหนมเนื้อโค. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 2. 17-18 สิงหาคม 2553, Bangkok, Thailand. 71-77p.

33. คมแข พิลาสมบัติ จตุพร บัณฑิต กัลยาณี เต็งพงศธร และจุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2553. ผลของการใช้สารสกัดจากชาเขียวและระยะเวลาการเก็บต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อเจอร์กี้. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 2. 17-18 สิงหาคม 2553, Bangkok, Thailand. 120-127p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

34. **Pilasombut, K**., Ngamyeesoon, N. and Sethakul, J. 2011. Characterization and detection of *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* sb2 as probiotic starter in beef Nham. the 57th International Congress of Meat Science and Technology, August 7-12, 2011, Gent, Belgium.

35. Sitthigripong, R., **Pilasombut, K**. and Ngamyeesoon, N. 2011. *In vitro* studied of Lactic acid bacteria as probiotic starter for fermented meat product. the 57th International Congress of Meat Science and Technology, August 7-12, 2011, Gent, Belgium.

36. อรุณวรรณ อินทร์ช่วย คมแข พิลาสมบัติ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล รุจริน ลิ้มศุภวานิช และ อดิศร เสวตวิวัฒน์. 2554. การใช้กล้าเชื้อโปรไบโอติก *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 และ *Lactobacillus salivarius* D4 ในแหนมเนื้อโค. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 29 (3-2) : 37-45.

37. ปรมาภรณ์ เจ็ดวรรณะ คมแข พิลาสมบัติ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล รุจริน ลิ้มศุภวานิช และ อดิศร เสวตวิวัฒน์. 2554. การศึกษาคุณภาพและจุลินทรีย์ของแหนมเนื้อโคโดยใช้เชื้อ *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* P2 และ Sb2 เป็นกล้าเชื้อในการหมักแหนม. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 29 (3-2) : 46-54.

38. สุกัญญา วาวงค์ คมแข พิลาสมบัติ นวลพรรณ งามยี่สุ่น และ อดิศร เสวตวิวัฒน์. 2554. การตรวจหาการมีชีวิตรอดของกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 ในแหนมเนื้อโคด้วยวิธีพีซีอาร์อาร์เอพีดี. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 29 (3-2) : 65-72.

39. Pilasombut, K, Ngamyeesoon, N and Teerarak, M. 2012. Application of green tea extract as an antioxidant and extend shelf-life in raw steak. 58th International congress of meat science and technology, 12-17th August, 2012, Montreal, Canada.

40. Pilasombut, K and A. Thumdee. 2012. Preliminary screening of probiotic lactic acid bacteria from pig intestinal content. The 15th Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. November 26-30, 2012, Bangkok, Thailand.

3. นักวิจัยร่วมโครงการ

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) **:** นายจำรูญ เล้าสินวัฒนา

(ภาษาอังกฤษ) **:** Mr. Chamroon Laosinwattana

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3750200304796

ตำแหน่งปัจจุบัน : รองศาสตราจารย์

สถานที่ติดต่อ (ที่ทำงาน)

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

โทรศัพท์ 02-3264318 **โทรสาร** 02-3264318

โทรศัพท์มือถือ 081-7330554 **E-mail** : klchamro@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรีสาขา พืชไร่-นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีที่จบ พ.ศ. 2535
ปริญญาโทสาขา พืชไร่-นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีที่จบ พ.ศ. 2538
ปริญญาเอกสาขา Doctor of Agiculture (Plant Protection) ปีที่จบ พ.ศ. 2542
Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan
Post Doctoral Weed Science (Allelopathy) ปีที่จบ พ.ศ. 2544
Utsunomiya University, Japan

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

อัลลีโลพาที (Allelopathy), การจัดการวัชพืช (Weed Management)

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ (ปี 2550-ปัจจุบัน)

1. ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย -

2. หัวหน้าโครงการวิจัย โครงการวิจัยที่ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว (ปี 2554-ปัจจุบัน)

ที่	ชื่อโครงการ	สถานะภาพ	แหล่งทุน	ระยะเวลา
1	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธรรมชาติควบคุมวัชพืชจากพุทธชาติก้านแดงเพื่อทดแทนสารเคมีสังเคราะห์	หัวหน้าโครงการวิจัย	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)	มค. 52 – ธค. 54
2	การพัฒนารูปผลิตภัณฑ์ วิธีการใช้ พฤติกรรมของสารในดิน และกลไกการทำลายวัชพืชของสารธรรมชาติกำจัดวัชพืชจากดาวเรือง	หัวหน้าโครงการวิจัย	งบประมาณแผ่นดินปี 2554	1 สค. 54-31 กค. 55
3	การประเมินกิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระความสามารถในการแย่งจับโลหะและปริมาณฟีนอลิคจากใบทุเรียน 30 พันธุ์	ผู้ร่วมโครงการวิจัย	โครงการวิจัยเงินรายได้ปี 2557	ตค. 56– กย. 57
4	การใช้สารกัดพืชพื้นเมืองไทยในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยืดอายุการเก็บรักษา และความปลอดภัย (ผู้ร่วมวิจัย)	หัวหน้าโครงการวิจัย	โครงการวิจัยเงินรายได้ปี 2557	ตค. 56– กย. 57
5	ประสิทธิภาพของ benzyladenine, kinetin และน้ำมันหอมระเหยจากขิง(สารทางเลือกใหม่) ในการชะลอการเสื่อมสภาพของใบเฟินนาคราช (หัวหน้าโครงการวิจัย)	ผู้ร่วมโครงการวิจัย	งบประมาณแผ่นดินปี 2558	ตค. 57– กย. 58
6	ความเป็นไปได้ในการใช้ปอขี้ไก่ควบคุมวัชพืชในระบบการปลูกพืชแบบปลอดสารเคมีควบคุมวัชพืช	หัวหน้าโครงการวิจัย	งบประมาณ (สกอ.) 2557	ตค. 56– กย. 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ปี 2554-ปัจจุบัน)

3.1 ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ (มี Impact factor) (ปี 2011-ปัจจุบัน)

1. Montinee Teerarak, Chamroon Laosinwattana*, Patchanee Charoenying and Hisashi Kato-Noguchi. 2012. Allelopathic activities of *Jasminum officinale* f. var. *grandiflorum* (Linn.) Kob.: Inhibition effects on germination, seed imbibition, and **α**-amylase activity induction of *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. African Journal of Biotechnology Vol. 11(31), 7850-7854. (Impact factor = 0.607) ที่มา : Journal Citation Reports, 2010.

2. Montinee Teerarak, Patchanee Charoenying and Chamroon Laosinwattana. 2012. Physiological and cellular mechanisms of natural herbicide resource from Aglaia odorata Lour. on bioassay plants Acta Physiol Plant. 34 (4) : 1277-1285. (Impact factor = 1.639) ที่มา : Journal Citation Reports, 2011.

3. Tanatson Poonpaiboonpipat, Udomporn Pangnakorn, Umporn Suvunnamek, Montinee Teerarak, Patchanee Charoenying and Chamroon Laosinwattana*. 2013. Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) Industrial Crops and Products. 41(1) : 403-407. (Impact factor = 2.469) ที่มา : Journal Citation Reports, 2011.

4. Warawut Krusong, Montinee Teerarak, and **Chamroon Laosinwattana**. 2015. Liquid and vapor-phase vinegar reduces Klebsiella pneumonia on fresh coriander. Food Control 50: 502-508. (Impact factor = 2.819) ที่มา : Journal Citation Reports, 2013.

5. Warawut Krusong, Apatcha Jindaprasert, Montinee Teerarak, and **Chamroon Laosinwattana**. 2015.Baby-corn fermented vinegar and its vapour control postharvest decay in strawberries. *In Press*. (Impact factor = 0.605) ที่มา : Journal Citation Reports, 2014.

3.2 ผลงานที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ (ไม่มี Impact factor) (ปี 2011-ปัจจุบัน)

1. Poonpaiboonpipat T., Teerarak M., Phuwiwat W., Charoenying P. and Laosinwattana C. 2011. Allelopathic effects of Arabian jasmine (*Jasminum sambac* Ait.) and preliminary test for estimation of its natural herbicide activity. Journal of Agricultural Technology. 7(4): 1073-1083.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้