

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน ระหว่างการหมัก

Chemical and Microbiological Changes in Durian Poyah During Fermentation

ลัญจกร จันทร์อุดม* นุชวรา อองศารา** ดาวิณาร์ ยีเลาะ* และ สุไรดา มามะแตหะ*
Lanchakon Chanudom*, Nutwara Ongsara**, Daveena Yeelah*
and Sulida Mamahtaha*

บทคัดย่อ

ปอเยาะทุเรียนเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักพื้นเมืองชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำเนื้อทุเรียนสดมาปรุงรสด้วยเกลือและพริกแล้วนำไปหมักงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนในระหว่างการหมักที่อุณหภูมิห้อง (25-30°C) เป็นเวลา 5 สัปดาห์จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี พบว่าค่า pH ของผลิตภัณฑ์ลดลงจาก 5.1 ไปเป็น 4.37 เมื่อสิ้นสุดการหมัก มีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.66 เป็นร้อยละ 10.13 ปริมาณความชื้น ถั่ว และเส้นใยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น และเมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาโดยติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์รา และแบคทีเรียแลกติก พบว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในแต่ละสัปดาห์ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 5 จะมีปริมาณที่แตกต่างกันเท่ากับ $16.2 \pm 0.84 \times 10^4$, $15.6 \pm 1.22 \times 10^4$, $12.3 \pm 0.65 \times 10^4$, $9.3 \pm 1.33 \times 10^4$ และ $5.3 \pm 0.05 \times 10^4$ CFU/g ตามลำดับ ปริมาณยีสต์ราทั้งหมดเท่ากับ $10.8 \pm 1.11 \times 10^4$, $10.3 \pm 2.31 \times 10^4$, $8.6 \pm 0.88 \times 10^4$, $4.3 \pm 1.08 \times 10^4$ และ $3.3 \pm 0.02 \times 10^4$ CFU/g ตามลำดับ ณ สัปดาห์ที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 และปริมาณแบคทีเรียแลกติกทั้งหมดเท่ากับ $13.2 \pm 0.3 \times 10^4$, $12 \pm 0.57 \times 10^4$, $10 \pm 0.95 \times 10^4$, $3 \pm 0.4 \times 10^4$ และ $2 \pm 0.25 \times 10^4$ CFU/g ตามลำดับ และจากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS ของทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน พบว่าทุเรียนสดมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน โดยมีค่าเท่ากับ $0.04 \pm 0.04 \mu\text{g}_{\text{GAE}}/\text{g}_{\text{dw}}$ และ $0.18 \pm 0.14 \mu\text{g}_{\text{GAE}}/\text{g}_{\text{dw}}$ ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณฟลาโวนอยด์ในทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนไม่มีความแตกต่างกัน และทุเรียนสดแสดงฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS สูงกว่าผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน

คำสำคัญ: ปอเยาะทุเรียน, การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและจุลชีววิทยา, คุณค่าทางโภชนาการ, การหมัก

* อาจารย์ประจำสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
e-mail : lanchakon@gmail.com

** ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

Abstract

Durian poyah, one of the traditional fermented products, can be produced by mixing durian flesh with salts and chili prior to fermentation. This research aimed to investigate the chemical and microbiological changes in durian poyah products during fermentation at ambient temperature (25-30°C) for 5 weeks. At the end of fermentation, the pH of durian poyah reduced from 5.1 to 4.37, along with the increase in total acidity from 1.66 to 10.13%. Moisture, ash and fiber contents increased while carbohydrate, protein and fat contents decreased with increasing fermentation time. For the microbiological property, total bacteria count, total yeast and mold and total lactic acid bacteria were monitored. It was found that all microbiological counts varied considerably during fermentation. Total bacteria counts from 1st to 5th weeks were $16.2 \pm 0.84 \times 10^4$, $15.6 \pm 1.22 \times 10^4$, $12.3 \pm 0.65 \times 10^4$, $9.3 \pm 1.33 \times 10^4$ and $5.3 \pm 0.05 \times 10^4$ CFU/g, respectively. Total yeast and mold were $10.8 \pm 1.11 \times 10^4$, $10.3 \pm 2.31 \times 10^4$, $8.6 \pm 0.88 \times 10^4$, $4.3 \pm 1.08 \times 10^4$ and $3.3 \pm 0.02 \times 10^4$ CFU/g at weeks 1, 2, 3, 4 and 5, respectively and total lactic acid bacteria were $13.2 \pm 0.3 \times 10^4$, $12 \pm 0.57 \times 10^4$, $10 \pm 0.95 \times 10^4$, $3 \pm 0.4 \times 10^4$ and $2 \pm 0.25 \times 10^4$ CFU/g, respectively. The comparative study on phenolic content, flavonoid content and ABTS free radical scavenging activity of fresh durian and durian poyah revealed that fresh durian had lower phenolic content than those durian poyah (0.04 ± 0.04 vs $0.18 \pm 0.14 \mu\text{g}_{\text{GAE}}/\text{g}_{\text{dw}}$). No difference in total flavonoid content was noticeable between both samples. However, fresh durian showed superior ABTS free radical scavenging ability to poyah durian.

Keywords: Durian poyah, Microbiology and chemical changes, Nutritional value, Fermentation

1. บทนำ

ทุเรียนเป็นผลไม้ยอดนิยมของชาวไทยเป็นเวลานานเนื่องจากทุเรียนมีรสชาติที่อร่อยถึงแม้จะมีกลิ่นแรงแต่ก็ได้รับการยกย่องว่าเป็นราชาแห่งผลไม้ (Srianta, *et al.*, 2012; Ho & Bhat, 2015) เนื้อทุเรียนส่วนใหญ่นิยมนำมารับประทานสดและนำไปแปรรูปในรูปแบบอื่นๆ จากการศึกษาของ Charoenkiatkul, Parunya และ Kunchit (Charoenkiatkul, Parunya & Kunchit, 2016) พบว่าทุเรียนสายพันธุ์หมอนทอง ชะนี กระดุม และกบตาข่า มีปริมาณเส้นใยอยู่ระหว่าง 7.5-9.1 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลอยู่ระหว่าง 62.9-70.7 กรัม และ 47.9-56.4 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยมีปริมาณฟีนอลิกและคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ ทุเรียนถือว่าเป็นผลไม้หลักของภาคใต้โดยมี

พื้นที่ปลูกมากที่สุดเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่นๆ เมื่อถึงฤดูกาลของทุเรียนชาวใต้จะนำทุเรียนที่เหลือจากการบริโภคหรือขายมาแปรรูปในรูปแบบต่างๆ เช่นนำมาทำเป็นทุเรียนกวนหรือทำเป็นปอเปียะ ทุเรียนสำหรับรับประทานเป็นกับข้าวทั้งนี้เพื่อเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนให้นานยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องใช้สารเคมี (เดชา ศิริภัทร, 2539)

ปอเปียะทุเรียนคือทุเรียนที่นำมาหมักเป็นเวลานานจนเกิดแก๊สหรือใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 5 สัปดาห์ นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลายในกลุ่มชาวมุสลิมในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทย โดยมีรูปแบบผลิตภัณฑ์มาจากประเทศมาเลเซีย (พรพล รมย์นุกูล, 2545) ที่เรียกว่า เทมปอยัก (tempoyak) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทุเรียนหมักที่นำเอาเนื้อทุเรียนมาผสมกับเกลือ (ประมาณ ร้อยละ 3) หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3-7 วัน แล้วนำมารับประทานกับข้าวหรือใช้เป็น ส่วนประกอบของอาหาร โดยเชื้อที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมักเป็นแบคทีเรียแลคติก โดยเฉพาะ *Lactobacillus plantarum* (Leisner, et al., 2001) นอกจากนี้ยังสามารถพบเชื้อ *L. brevis*, *Leuconostoc mesenteriodes*, *L. mali*, *L. fermentum*, *L. durianis* (Leisner, et al., 2002), *L. corynebacterium* (Wirawati, 2000), *L. fersantum* (Ekowati, 1998), *L. casei* (Mohd & Tan, 2007), *Fructobacillus durianis* (Endo & Okada, 2006; Leisner, et al., 2005), *Weissella paramesenteroides* และ *Pediococcus acidilactici* (Yuliani & Dixon, 2011) ได้แบคทีเรียแลคติกเป็นเชื้อที่ทนต่อสภาวะ pH ที่เป็นกรด กรดแลคติกที่แบคทีเรียแลคติกผลิตขึ้นสามารถช่วยในการถนอมอาหารและทำให้อาหารปลอดภัยเพราะกรดที่ได้จากการหมักทำให้ pH ของอาหารลดลงช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) (Manas, et al., 2014) ทั้งนี้จากการศึกษาของ Chuah (Chuah, et al., 2016) ในการศึกษาการอยู่รอดของเชื้อก่อโรคในอาหารระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์นั้นไม่พบการเจริญของเชื้อ *Salmonella* spp., *Listeria* spp. และ *Staphylococcus aureus* ในระหว่างการหมักตามธรรมชาติ และเมื่อทำการเติมเชื้อก่อโรค *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Enteritidis* ATCC 13076, *Listeria monocytogenes* ATCC19115 และ *Staphylococcus aureus* ATCC6538P เพื่อศึกษาการอยู่รอดของเชื้อก่อโรคในระหว่างการหมัก เทมปอยัก พบว่าเชื้อก่อโรคทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันที่ 0 ถึง 12 ของการหมัก และไม่พบเชื้อ *Enteritidis* และ *S. aureus* ตั้งแต่วันที่ 8 ของการหมัก ในขณะที่ไม่พบการเจริญของเชื้อ *L. monocytogenes* ตั้งแต่วันที่ 12 ของการหมัก ทั้งนี้เนื่องมาจากการลดลงอย่างรวดเร็วของ pH ตลอดจนการสร้างกรดแลคติก กรดอะซิติก และกรดโพรพิโอนิก ในช่วงแรกของการหมักผลิตภัณฑ์เทมปอยัก มีบทบาทในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคอื่นๆ ดังนั้นการเลือกรับประทานผลิตภัณฑ์จากทุเรียนหมักจึงมีความปลอดภัยสูงในการบริโภค

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงทั้งในด้านพลังงานโปรตีนคาร์โบไฮเดรตและแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายจึงเป็นหนึ่งในที่มาของการคิดค้นผลิตภัณฑ์ปอเปียะทุเรียนจากภูมิปัญญาชาวบ้านเพื่อให้ได้อาหารในรูปแบบใหม่ที่มีคุณประโยชน์สูงนอกเหนือจากการทำทุเรียนกวนและผลิตภัณฑ์ทุเรียนอื่นๆ ใดๆก็ตาม ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ปอเปียะทุเรียนในปัจจุบันยังมีน้อย ตลอดจนการบริโภคยังไม่ได้รับความนิยมและการยอมรับ ดังนั้นเพื่อเป็นการสืบทอดภูมิปัญญาและเพื่อเป็นการส่งเสริมผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่รู้จักแพร่หลายงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการเปลี่ยนแปลง

ทั้งทางด้านเคมีและจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนในระหว่างการหมัก เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเลือกและส่งเสริมการบริโภคผลิตภัณฑ์ในอนาคต

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การผลิตปอเยาะทุเรียน

นำเนื้อทุเรียนบ้านสดระยะแก่จัดปริมาณ 2 กิโลกรัม มากวนผสมกับเกลือแกง (90 กรัม) และพริกสด (10 กรัม) ให้เข้ากันเป็นเวลาประมาณ 5-10 นาที จากนั้นนำมาใส่ภาชนะที่มีฝาปิดสนิท เพื่อไม่ให้อากาศเข้าไปได้แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ทำการเก็บตัวอย่างในทุกๆ สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด และเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา สำหรับองค์ประกอบเบื้องต้น ซึ่งได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต จะทำการวิเคราะห์ในสัปดาห์ที่ 1 3 และ 5 ของการหมัก ส่วนปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS จะวิเคราะห์ในส่วน เนื้อทุเรียนสดเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนที่หมักครบ 5 สัปดาห์

2.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

2.2.1 การวัดค่า pH

วัดค่า pH ด้วยเครื่องวัดค่า pH โดยการนำตัวอย่าง 25 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 225 มิลลิลิตร ตีปนให้เข้ากันแล้วนำไปวัดค่า pH ด้วยเครื่องวัดค่า pH (Amin, Jaafar & Ng, 2004)

2.2.2 การวิเคราะห์กรดทั้งหมดด้วยวิธีการไตเตรท

นำตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ลงในฟลาสขนาด 200 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 95 มิลลิลิตร แล้วหยดสารละลายฟีนอล์ฟทาเลอิน ร้อยละ 1 จำนวน 3 หยด เขย่าให้เข้ากันทำการไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ โดยสารละลายจะเปลี่ยนสีเป็นสีชมพูบันทึกปริมาณของค่ามาตรฐานที่ใช้และคำนวณปริมาณกรดเป็นร้อยละของกรดแลคติก (Ranganna, 1979)

2.2.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้น

วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น เถ้าทั้งหมดปริมาณโปรตีนปริมาณไขมัน ปริมาณเยื่อใย และปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีของ AOAC (1999) และแสดงหน่วยในรูปของร้อยละ

2.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา

วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดปริมาณยีสต์และราทั้งหมด (Amin, Jaafar & Ng, 2004) และปริมาณแบคทีเรียแลคติกทั้งหมด (Kang, *et al.*, 2003) บนอาหาร Plate count agar (PCA), Potato dextrose agar (PDA) และ De man rogosa and sharpe (MRS) ตามลำดับ

2.4 การเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ในทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน

2.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์

ศึกษาจากการเปลี่ยนแปลงสีของ Aluminum chloride ($AlCl_3$) ตามวิธีของ Bag, Grihanjali และ Bhaigyabati (Bag, Grihanjali & Bhaigyabati, 2015) โดย $AlCl_3$ จะไปจับกับตำแหน่ง C-4 ของหมู่คีโตนตลอดจนตำแหน่ง C-3 และ C-5 ของหมู่ไฮดรอกซิลของฟลาโวนและฟลาโวนอยด์

เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีฤทธิ์เป็นกรด สำหรับการวิเคราะห์ทำได้โดยการเตรียมตัวอย่างเนื้อทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน (ผ่านการหมัก 5 สัปดาห์) ที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dried) มาละลายในน้ำกลั่น (100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ผสมด้วยเมทานอล 2.5 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร และ NaNO_2 ร้อยละ 5 ปริมาตร 0.75 มิลลิลิตร แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นเติมสารละลาย AlCl_3 ร้อยละ 10 ปริมาตร 0.75 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที แล้วเติม NaOH 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV – Vis Spectrophotometer แสดงหน่วยในรูปของ $\mu\text{g catechin/g}_{\text{dw}}$

2.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมโดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent ตามวิธีการของ Lister & Wilson (2001) ดังนี้ นำตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์มา 3 มิลลิลิตร เติม 2 นอร์มอล Folin- Ciocalteu's reagent ปริมาตร 300 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นเติม Na_2CO_3 ร้อยละ 25 (W/V) 900 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำไปอ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer แสดงหน่วยในรูปของ $\mu\text{g GAE/g}_{\text{dw}}$

2.4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี ABTS cation decolorization assay (Re, et al., 1999) โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์มา 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับ Working ABTS reagent 0.9 มิลลิลิตร แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้อง 3 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer อ่านค่าแล้วบันทึกผลคำนวณโดยใช้สูตร

$$\% \text{ Inhibition} = 1 - [A_{\text{sample}}/A_{\text{control}}] \times 100$$

เมื่อ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารสกัดตัวอย่างที่ผสมกับ Working ABTS reagent

A_{control} = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จาก Working ABTS reagent ผสมกับน้ำกลั่น

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

แสดงผลการทดลองในรูปของค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ปริมาณกรด การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา องค์ประกอบเบื้องต้นทางเคมีของผลิตภัณฑ์ และการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกฟลาโวนอยด์และฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี One way analysis of variance (ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3. ผลการวิจัย

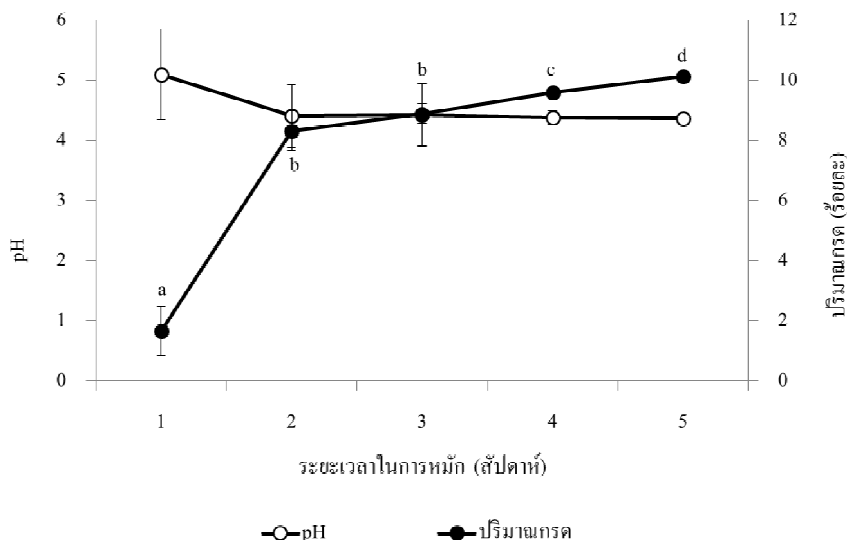
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางจุลชีววิทยาในกระบวนการหมักปอเยาะทุเรียนเริ่มต้นด้วยการผลิตปอเยาะทุเรียนแล้วนำมาวิเคราะห์ค่า pH และวิเคราะห์หาปริมาณกรดรวมด้วยวิธีการไทเทรตวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์รา และแบคทีเรียแลคติก ทั้งหมดเป็นเวลา 5 สัปดาห์ จากนั้นทำการสุ่มผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนในสัปดาห์ที่ 1 3 และ 5 มาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นและวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระเปรียบเทียบกับทุเรียนสดในสัปดาห์สุดท้ายของการหมักทั้งนี้ผลการศึกษาในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การเปลี่ยนแปลงของค่า pH และปริมาณกรดในระหว่างการหมักผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน

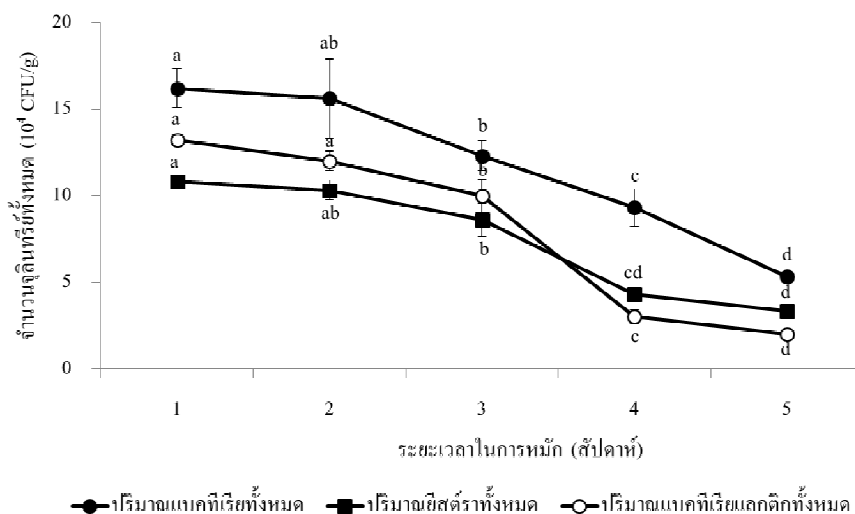
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างการหมักผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1-5 พบว่าค่า pH จะลดลงเท่ากับ 5.1 ± 0.82 , 4.41 ± 0.65 , 4.43 ± 0.34 , 4.38 ± 0.03 และ 4.37 ± 0.12 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ทั้งนี้การลดลงของค่า pH ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามการลดลงของค่า pH ในระหว่างการหมักส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของการหมัก โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดตั้งแต่สัปดาห์แรกเท่ากับร้อยละ 1.66 ± 0.76 , 8.33 ± 0.52 , 8.9 ± 0.51 , 9.6 ± 0.11 และ 10.13 ± 0.08 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักดังแสดงในภาพที่ 1

3.2 ปริมาณจุลินทรีย์ ยีสต์รา และแบคทีเรียแลคติกทั้งหมด

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนในระหว่างการหมักตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 -5 พบว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนในแต่ละสัปดาห์จะมีปริมาณลดลงโดยเฉลี่ยเท่ากับ $16.2 \pm 0.84 \times 10^4$, $15.6 \pm 1.22 \times 10^4$, $12.3 \pm 0.65 \times 10^4$, $9.3 \pm 1.33 \times 10^4$ และ $5.3 \pm 0.05 \times 10^4$ CFU/g ตามลำดับ ปริมาณยีสต์ราทั้งหมดมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ $10.8 \pm 1.11 \times 10^4$, $10.3 \pm 2.31 \times 10^4$, $8.6 \pm 0.88 \times 10^4$, $4.3 \pm 1.08 \times 10^4$ และ $3.3 \pm 0.02 \times 10^4$ CFU/g ตามลำดับ และปริมาณแบคทีเรียแลคติกทั้งหมดโดยเฉลี่ยเท่ากับ $13.2 \pm 0.3 \times 10^4$, $12 \pm 0.57 \times 10^4$, $10 \pm 0.95 \times 10^4$, $3 \pm 0.4 \times 10^4$ และ $2 \pm 0.25 \times 10^4$ CFU/g ตามลำดับ โดยปริมาณแบคทีเรีย ปริมาณยีสต์รา และแบคทีเรียแลคติกทั้งหมด ในระหว่างการหมักตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อในสัปดาห์แรกของการหมัก ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของค่า pH และปริมาณกรดในระหว่างการหมักผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนแสดงข้อมูลในรูปค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ และตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)



ภาพที่ 2 ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์ราและปริมาณแบคทีเรียแลคติกทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน แสดงข้อมูลในรูปค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ และตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

3.3 องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นได้แก่การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดปริมาณความชื้นปริมาณเถ้าปริมาณโปรตีนปริมาณไขมันและปริมาณเส้นใยโดยการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนเป็นเวลา 3 สัปดาห์ คือสัปดาห์ที่ 1 3 และ 5 พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากสัปดาห์ที่ 1-5 โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 70.13 ± 0.14 , 61.91 ± 0.75 และ 55.13 ± 0.81 ตามลำดับ ความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 7.13 ± 0.64 , 7.44 ± 0.96 และ 15.20 ± 0.42 ตามลำดับปริมาณเถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากสัปดาห์ที่ 1-5 โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 2.90 ± 0.02 , 9.51 ± 0.29 และ 10.58 ± 0.33 ตามลำดับปริมาณโปรตีนมีค่าลดลงโดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 2.46 ± 0.18 , 2.37 ± 0.15 และลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เท่ากับร้อยละ 0.65 ± 0.15 ในสัปดาห์ที่ 5 ปริมาณไขมันมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากสัปดาห์ที่ 1-5 โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 9.98 ± 0.57 , 8.05 ± 0.13 และ 7.52 ± 0.03 ตามลำดับและปริมาณเส้นใยจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 7.94 ± 0.02 , 10.11 ± 1.15 และ 10.60 ± 0.03 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

3.4 ปริมาณฟีนอลิกฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาปริมาณฟีนอลิกฟลาโวนอยด์และฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระในตัวอย่างทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน พบว่าปริมาณฟีนอลิกในทุเรียนสดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน ($p < 0.05$) โดยในผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนมีปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ $0.18 \pm 0.14 \mu\text{g}_{\text{GAE}}/\text{g}_{\text{dwt}}$ และในทุเรียนสดมีปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ $0.04 \pm 0.04 \mu\text{g}_{\text{GAE}}/\text{g}_{\text{dwt}}$ ในขณะที่ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งในทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ทุเรียนสดมีปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ $0.09 \pm 1.70 \mu\text{g}_{\text{catechin}}/\text{g}_{\text{dwt}}$ และในผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนมีค่าเท่ากับ $0.09 \pm 1.69 \mu\text{g}_{\text{catechin}}/\text{g}_{\text{dwt}}$) เมื่อศึกษาฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระพบว่าในทุเรียนสดมีฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าในผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยในทุเรียนสดมีฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 79.04 ± 0.01 ในขณะที่ในผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนมีฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 50.09 ± 0.14 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน

องค์ประกอบ (ร้อยละ)	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 5
คาร์โบไฮเดรต	70.13 ± 0.14^a	61.91 ± 0.75^b	55.13 ± 0.81^c
ความชื้น	7.13 ± 0.64^a	7.44 ± 0.96^a	15.20 ± 0.42^b
เถ้า	2.90 ± 0.02^a	9.51 ± 0.29^b	10.58 ± 0.33^c
โปรตีน	2.46 ± 0.18^a	2.37 ± 0.15^a	0.65 ± 0.15^b
ไขมัน	9.98 ± 0.57^a	8.05 ± 0.13^b	7.52 ± 0.03^c
เส้นใย	7.94 ± 0.02^a	10.11 ± 1.15^b	10.60 ± 0.03^b

ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำตัวอักษรที่แตกต่างกัน ในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

ตารางที่ 2 ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระของทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน

ค่าวิเคราะห์	ทุเรียนสด	ผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน
ฟีนอลิก ($\mu\text{g}_{\text{GAE}}/\text{g}_{\text{dw}}$)	0.04 ± 0.04^a	0.18 ± 0.14^b
ฟลาโวนอยด์ ($\mu\text{g}_{\text{catechin}}/\text{g}_{\text{dw}}$)	0.09 ± 1.70^a	0.09 ± 1.69^a
ฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	79.04 ± 0.01^a	50.09 ± 0.14^b

ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำตัวอักษรที่แตกต่างกัน ในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

4. การอภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาในสัปดาห์ที่ 1-5 ของการหมักผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน พบว่าปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์รา และแบคทีเรียแลคติกทั้งหมดลดลงจากสัปดาห์แรกถึงสัปดาห์สุดท้าย ทั้งนี้ในผลิตภัณฑ์อาหารหมักโดยทั่วไปจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญจะเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียแลคติก โดยเฉพาะในกลุ่มของ Lactobacilli ที่ในปัจจุบันนิยมนำมาใช้เป็นโปรไบโอติก และหัวเชื้อเริ่มต้นสำหรับการผลิตอาหารหมัก (Giraffa, Chanishvili & Widayastuti, 2010) เนื่องจากแบคทีเรียแลคติก สามารถสร้างสารให้กลิ่นรสที่ดีกับผลิตภัณฑ์ได้ (Manas, *et al.*, 2014) กรดแลคติกที่ผลิตขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารหมักโดยทั่วไปมีรสเปรี้ยว และส่งผลต่อการเจริญของเชื้อในระหว่างการหมักเช่นกัน Lactobacilli ชอบเจริญในสภาวะที่เป็นกรด ที่ระดับ pH ประมาณ 5.5 ถึง 6.5 ซึ่งการเจริญของเชื้อกลุ่มนี้ในสภาวะที่เป็นกรดอาจแตกต่างกันไปตามสภาวะแวดล้อมต่างๆ (Hammes & Vogel, 1995) จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์รา และแบคทีเรียแลคติกทั้งหมดลดลงตลอดกระบวนการผลิต ทั้งนี้เนื่องมาจากการวิเคราะห์ดังกล่าว เริ่มการวิเคราะห์เมื่อกระบวนการหมักผ่านไป 1 สัปดาห์ ซึ่งการเจริญของเชื้อทั้งหมดเข้าสู่ระยะ stationary และ death phase เช่นเดียวกับการทดลองของ Amin, Jaafar และ Ng (Amin, Jaafar & Ng, 2004) ที่ศึกษาผลของปริมาณเกลือต่อการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ทุเรียนหมักเทมปอยัก และพบว่าปริมาณแบคทีเรียแลคติกจะเพิ่มขึ้นในช่วง 2-4 วันแรกของการหมักซึ่งเป็นการเจริญในระยะ exponential phase หลังจากนั้นจำนวนเชื้อทั้งแบคทีเรียแลคติกและจุลินทรีย์ทั้งหมดจะลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณกรดและเกลือในผลิตภัณฑ์ส่งผลต่อการเจริญของเชื้อ โดยทั่วไปเชื้อแบคทีเรียกลุ่มที่เป็น heterofermentative จะเจริญได้ดีในผลิตภัณฑ์ที่มีเกลือต่ำกว่าร้อยละ 1

ในขณะที่ในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณเกลือมากกว่าร้อยละ 3.5 จะส่งเสริมให้การเจริญของแบคทีเรียแลคติกกลุ่มที่เป็น homofermentative เจริญได้ดีขึ้น (Pederson & Albury, 2014) นอกจากนี้ปริมาณกรดที่เชื้อสร้างขึ้นส่งผลให้การเจริญของเชื้อต่างๆ ลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 และจากการทดลองของ Wasnin, Karim และ Ghazali (Wasnin, Karim & Ghazali, 2014) พบว่าแบคทีเรียแลคติกนั้นไม่สามารถเจริญได้เมื่อค่า pH ในกระบวนการหมักทุเรียนมีค่าต่ำกว่า 4.30 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียน ที่พบว่าปริมาณกรดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 และเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 10.13 ± 0.08 เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ทำให้ค่า pH ที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละสัปดาห์ของการหมักลดต่ำลง แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของค่า pH นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ในการทดลองนี้ทั้งนี้ในผลิตภัณฑ์อาหารหมักโดยทั่วไปในระหว่างกระบวนการหมักค่า pH จะลดลงเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักและส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (Xiong, *et al.*, 2013) โดยปริมาณกรดทั้งหมดที่พบในผลิตภัณฑ์ทุเรียนหมักจะอยู่ในรูปของกรดแลคติกและกรดอะซิติก (Leisner, *et al.*, 2001)

เมื่อนำทุเรียนมาผ่านกระบวนการหมัก สารอาหารที่มีอยู่ในทุเรียนจะถูกดึงมาใช้ในการเจริญของจุลินทรีย์ ส่งผลให้องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ปอเยาะทุเรียนในครั้งนี้พบว่าค่าความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 5 ของการหมัก ทั้งนี้เนื่องมาจากกิจกรรมของเอนไซม์จากเชื้อที่เจริญในระหว่างกระบวนการหมัก ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ทำให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ปอเยาะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงท้ายของการหมัก ทั้งนี้ตามปกติในทุเรียนสดจะมีปริมาณน้ำสูงถึงร้อยละ 65.9 (สาลินี ศิริคะรินทร์ และคนอื่นๆ, 2547) สำหรับการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณเถ้า ($p < 0.05$) อาจเป็นผลมาจากปริมาณเกลือที่เติมลงไปในการหมักตั้งแต่ตอนต้นของการหมัก (Kasangi, *et al.*, 2010) ส่งผลทำให้อัตราส่วนของปริมาณเส้นใยเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน (Sani, *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นทั้งปริมาณความชื้น เถ้า และเส้นใยนั้นจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสัปดาห์ที่ 1 ของการหมักกับสัปดาห์ที่ 5 เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันจะมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการหมัก ทั้งนี้โดยทั่วไปปริมาณคาร์โบไฮเดรตในทุเรียนจะมีอยู่ประมาณร้อยละ 30 ขององค์ประกอบทั้งหมด โดยแบ่งเป็นแป้งร้อยละ 12 และน้ำตาลประมาณร้อยละ 12 – 18 และเมื่อทุเรียนเริ่มสุกแป้งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล โดยทั่วไปปริมาณแป้งจะลดลงเหลือร้อยละ 4 เมื่อผลสุก อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Chuah และคนอื่นๆ (Chuah, *et al.*, 2016) พบว่าในกระบวนการหมักหมกพอยักปริมาณน้ำตาลในรูปของน้ำตาลซูโครส ฟรุคโตส และกลูโคส จะมีค่าลดลง เนื่องมาจากแบคทีเรียแลคติกในกลุ่มที่เป็น heterofermentative นั้นดึงน้ำตาลกลุ่มนี้ไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างทั้งกรดแลคติกและกรดอะซิติก ตลอดจนปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่วิเคราะห์ได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และสอดคล้องกับผลของปริมาณกรดที่เพิ่มสูงขึ้นและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่สร้างขึ้นทำให้ค่า pH ในระหว่าง

กระบวนการหมักลดต่ำลงเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำและเกิดเป็นกรดคาร์บอนิกได้ (William & Robert, 1992)

ปริมาณโปรตีนในทุเรียนสดจะมีอยู่ร้อยละ 3 โดยอยู่ในรูปของเอนไซม์ที่สำคัญที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) แต่อย่างไรก็ตามการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ของปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ปอเวยะทุเรียนในสัปดาห์สุดท้ายของการหมักเกิดขึ้นเนื่องมาจากการเสียดสภาพของสารประกอบโปรตีนในผลิตภัณฑ์ เพราะโปรตีนจะเสียดสภาพได้ง่ายในสภาวะที่เป็นกรด (Ogunbanwo, *et al.*, 2013) ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าค่า pH ในสัปดาห์ที่ 5 ของผลิตภัณฑ์ปอเวยะลดลงถึง 4.37 ± 0.12 ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนลดลงอย่างเห็นได้ชัดในสัปดาห์ดังกล่าว นอกจากนี้การเจริญของเชื้อในระหว่างกระบวนการหมักสามารถส่งผลกระทบต่อการย่อยสลายของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ได้เช่นกัน (Kasang, *et al.*, 2010) สำหรับโปรตีนที่ถูกย่อยสลายจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของกรดอะมิโน อาทิ เมไทโอนีนและซิสทีน ซึ่งกรดอะมิโนเหล่านี้สามารถเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบซัลเฟอร์ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาของ Wasnin และคนอื่นๆ (Wasnin, Karim & Ghazali, 2014) พบว่าเมื่อระยะเวลาในการหมักทุเรียนเพิ่มมากขึ้นปริมาณสารประกอบในกลุ่มซัลเฟอร์จะเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับปริมาณไขมันในทุเรียนสดจะมีอยู่ประมาณร้อยละ 3.9 อยู่ในรูปของกรดไขมันอิสระ โดยมีกรดสเตียริก กรดโอเลอิก และปาล์มมิติกในปริมาณสูง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของทุเรียนเช่นกัน จากการศึกษาของ Charoenkiatkul และคนอื่นๆ (Charoenkiatkul, Parunya & Kunchit, 2016) พบว่าปริมาณไขมันทั้งหมดในทุเรียนหมอนทองชนิดที่มีสูงที่สุด คือ กรดปาล์มมิติก ในขณะที่ทุเรียนสายพันธุ์ชะนี กระดุม และกอบตาข่า มีปริมาณไขมันทั้งหมดในรูปของกรดโอเลอิกสูงที่สุด สำหรับการลดลงของปริมาณไขมันในการศึกษาครั้งนี้ สอดคล้องกับการทดลองของ Sani และคนอื่นๆ (Sani, *et al.*, 2013) ที่พบว่าปริมาณไขมันส่วนใหญ่ในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจะเปลี่ยนรูปจากไขมันอิ่มตัวไปเป็นไขมันไม่อิ่มตัว (Achinewhu, 1986) แต่การลดลงที่เกิดขึ้นนั้นเกิดเนื่องมาจากการเจริญของเชื้อในระหว่างหมักที่จำเป็นต้องใช้ทั้งน้ำตาลและกรดไขมันเพื่อเป็นแหล่งในการสร้างพลังงานให้กับการเจริญของเซลล์ (Sani *et al.*, 2013; Fadahunsi & Sanni, 2010)

นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระของทุเรียนสดกับผลิตภัณฑ์ปอเวยะทุเรียน พบว่าในผลิตภัณฑ์ปอเวยะทุเรียนยังคงมีปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับทุเรียนสด ทั้งนี้เนื่องมาจากระยะเวลาในการหมักส่งผลให้สารสำคัญหลายชนิดที่มีอยู่ในทุเรียนถูกสกัดออกมาเพิ่มขึ้น (Sieliwanowicz, 1998) ส่งผลให้สารโพลีฟีนอลในผลิตภัณฑ์ปอเวยะมีปริมาณมากขึ้นทำให้ฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระสูงขึ้นด้วยเช่นกันจากงานวิจัยของ Poovarodom และคนอื่นๆ (Poovarodom, *et al.*, 2010) พบว่าในทุเรียนสดมีปริมาณโพลีฟีนอล เท่ากับ 1.66 ± 0.08 mg GAE g^{-1} DW และมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำการทดสอบโดยวิธี ABTS และ DPPH เท่ากับ 11.98 ± 0.5 และ 5.61 ± 0.3 μ M TE g^{-1} DW ตามลำดับ ทั้งนี้สารโพลีฟีนอลและฟลาโวนอยด์ที่สำคัญในทุเรียนเป็นกลุ่มของสารแอนโทไซยานินและฟลาโวนอล (Toledo, *et al.*, 2008) นอกจากนี้จากการรวบรวมข้อมูลของ Ho และ Bhat (Ho & Bhat, 2015) ยังพบว่าในทุเรียนสด

ประกอบไปด้วยสารโพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ ฟลาโวนอล แอนโทไซยานิน แทนนิน วิตามินซี และแคโรทีนอยด์ แต่ปริมาณสารสำคัญเหล่านี้อาจจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการสุกของผลทุเรียนด้วย ทั้งนี้จากปริมาณสารสำคัญที่พบในทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์จากทุเรียนหมักจึงสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์จากทุเรียนให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้ ดังนั้นจากการวิจัยนี้ปอเยาะทุเรียนถือเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการ และสารสำคัญหลายชนิดที่ผู้บริโภคสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย ตลอดจนเป็นแนวทางในการส่งเสริม พัฒนาให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่รู้จักและเพื่อสนับสนุนให้เกิดการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากภูมิปัญญาท้องถิ่นต่อไปในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

6. เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2547). **ผลิตภัณฑ์ทุเรียน**. กรุงเทพมหานคร : กลุ่มงานส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตรส่วนส่งเสริมวิสาหกิจเกษตรชุมชนสำนักพัฒนาเกษตรกรกรมส่งเสริมการเกษตร.
- เดชาศิริภัทร. (2539). **พืชพันธุ์พื้นบ้าน: ความสุขในชีวิตที่เราปลูกได้**. นนทบุรี: ศูนย์เทคโนโลยีเพื่อสังคม.
- พรพล รมย์นุกูล. (2545). **การถนอมอาหาร**. นครราชสีมา: ภาควิชาคหกรรมศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครราชสีมา.
- สาลินี ศิริคะรินทร์ ลาวัลย์ ฉัตรวิพุธ วิสาภรณ์ สุขยานุติษฐ และนิธิตี อรัญอนุรักษ์. (2547). **ผลิตภัณฑ์ทุเรียน**. กรุงเทพมหานคร : กรมส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาเกษตรกร ส่วนส่งเสริมวิสาหกิจเกษตรชุมชน กลุ่มงานส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตร.
- Achinewhu, S.C. (1986). The effect of fermentation on carbohydrate and fatty acid composition of African oil bean seed (*Pentaclethra macrophylla*). **Food Chemistry**, 19, 105-116.
- Amin, A.M.; Z. Jaafar & L.K. Ng. (2004). Effect of salton tempoyak fermentation and sensory evaluation. **Journal of Biological Sciences**, 4, p.650-653.
- AOAC. (1999). **Official methods of analysis of the AOAC**. 17th Edn., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Va., ISBN-10.
- Bag, G.C.; Grihanjali D.P. & Bhaigayabati, T. (2015). Assessment of total flavonoid content and antioxidant activity of methanolic rhizome extract of three *Hedychium* species of Manipur valley. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, 30(1), 154-159.

- Charoenkiatkul, S.; Parunya, T. & Kunchit, J. (2016). Nutrients and bioactive compounds in popular and indigenous durian (*Durio zibethinus* murr.). **Food Chemistry**, 193, 181–186.
- Chuah, L.O.; Ahamed, K. S. S.; Min, T. L.; Ahmad, R.; Kwai, L.T. & Gulam, R. (2016). Physio-chemical, microbiological properties of tempoyak and molecular characterization of lactic acid bacteria isolated from tempoyak. **Food Microbiology**, 58, 95-104.
- Ekowati, C.N.(1998). **Mikroflora pada fermentasi daging buah durian (tempoyak)**. Jabatan Pengajian Sains dan Teknologi Ed. Khusus. 136-141.
- Endo, A. & Okada, S. (2006). *Oenococcus kitaharae* sp. nov., a nonacidophilic and non-malolactic-fermenting oenococcus isolated from a composting distilled shochu residue. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, 56, 2345–2348.
- Fadahunsi, I.F. & Sanni, A.I. (2010). Chemical and biochemical changes in bambara nut during fermentation to “Tempeh”. **Agricultural and Food Chemistry**, 9(2), 275-283.
- Giraffa, G.; Chanishvili N.; & Widyastuti Y. (2010). Importance of lactobacilli in food and feed biotechnology. **Research in Micro-biology**, 161(6), 480–487.
- Hammes, W. P. & Vogel, R. F. (1995). “The genus *Lactobacillus*,” in **The Genera of Lactic Acid Bacteria**, B. J. B. Wood and W. H. Holzapfel, Eds., **Springer**. New York, USA. (2), 19–54,
- Ho, L.H. & Bhat, R. (2015). Exploring the potential nutraceutical values of durian (*Durio zibethinus* L.) – An exotic tropical fruit. **Food Chemistry**, 168, 80-89.
- Kang, J.H.; Lee, J.H.; Min, S. & Min, D.B. (2003). Changes of volatile compounds, lactic acid bacteria, and headspace gases in Kimchi, a traditional Korean fermented vegetable product. **Journal of Food Science**, 68, 849–854.
- Kasangi, D. M.; Shitandi, A. A.; Shalo, P.L. & Mbugua, S. K. (2010). Effect of spontaneous fermentation of cowpea leaves (*Vigna unguiculata*) on proximate composition, mineral content, chlorophyll content and beta-carotene content. **International Food Research Journal**, 17, 721-732.

- Leisner, J.J.; Vancanneyt, M.; Lefebvre, K.; Vandemeulebroecke, K.; Hoste, B.; Vilalta, N.E.; Rusul, G. & Swings, J. (2002). *Lactobacillus durianis* sp. nov., isolated from an acid-fermented condiment (tempoyak) in Malaysia. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, 52, 927-931.
- Leisner, J.J.; Vancanneyt, M.; Rusul, G.; Pot, B.; Lefebvre, K.; Fresi, A. & Tee, L.K. (2001). Identification of lactic acid bacteria constituting the predominating microflora in an acid-fermented condiment (tempoyak) popular in Malaysia. **International Journal of Food Microbiology**, 63, 149-157.
- Leisner, J.J.; Vancanneyt, M.; Van der Meulen, R.; Lefebvre, K.; Engelbeen, K.; Hoste, B.; Laursen, B.G.; Bay, L.; Rusul, G.; De Vuyst, L. & Swings, J. (2005). *Leuconostoc durionis* sp. nov., a heterofermenter with no detectable gas production from glucose. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, 55, 1267-1270.
- Lister, E. & Wilson, P. (2001). **Measurement of total phenolics and ABTS assay for antioxidant activity (personal communication)**. Lincoln, New Zealand: Crop Research Institute.
- Manas, R.S.; Marimuthu, A.; Ramesh, C. R. & Rizwana, P. R. (2014). Fermented fruits and vegetables of asia: a potential source of probiotics. **Biotechnology Research International**, 19.
- Mohd Adnan, A.F. & Tan, I.K.P. (2007). Isolation of lactic acid bacteria from Malaysian foods and assessment of the isolates for industrial potential. **Bioresource Technology**, 98, 1380-1385.
- Ogunbanwo, S. T.; Sado, A.; Adeniji, O. & Fadahunsi, I.F. (2013). Microbiological and nutritional evaluation of water melon juice (*Citrullus lanatus*). **Academia Arena**, 5(3), 36-41.
- Pederson, C.S. & Albury, M.N. (2014). Variation among the heterofermentative lactic acid bacteria. **Journal of Bacteriology**, 70(6), 702-708.
- Poovarodom, S.; Haruenkit, R.; Vearasilp, S.; Namiesnik, J.; Cvikrová, M.; Martincová, O.; Ezra, A.; Suhaj, M.; Ruamsuke, P.; & Gorinstein, S. (2010). Comparative characterisation of durian, mango and avocado. **International Journal of Food Science and Technology**, 45(5), 921-929.

- Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M. & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, 26(9-10), 1231-1237.
- Ranganna, S. (1979). **Manuel of Analysis of Fruit and Vegetable Products**. Tate McGraw Hill Publishing Co. Ltd. New Delhi.
- Sani, N. A.; Hassan, L. G.; Dangoggo, S. M.; Ladan, M. J.; Ali-baba, I. & Umar, K.J. (2013). Effect of fermentation on the nutritional and antinutritional composition of *Lagenaria Siceraria* seeds. **Journal of Applied Chemistry**, 5(2), 01-06.
- Sieliwanowicz B., 1998. **Przeciwutleniajace dzialanie zwiasków fenolowych wina** [Antioxidant activity of phenolic compounds of wine]. *Przem. Ferm.Owoc.-Warz.* 6, 14-15 [in Polish].
- Srianta, I.; Hendrawan, B.; Kusumawati, N. & Blanc, P. J. (2012). Study on durian seed as a new substrate for angkak production. **International Food Research Journal**, 19, 941-945.
- Toledo, F.; Patricia A.A.; Park, Y.S.; Jung, S.T.; Kang, S.G.; Buk G.H.; Jerzy, D.; Zofia, Z.; Pawel, Z.; Pawel, P.&Shela, G. (2008). Screening of the antioxidant and nutritional properties, phenolic contents and proteins of five durian cultivars. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, 59(5), 415-427.
- Wasnin, R.M.; Karim, M.S. & Ghazali, H.M. (2014). Effect of temperature-controlled fermentation on physico-chemical properties and lactic acid bacterial count of durian (*Durio zibethinus* Murr.) pulp. **Journal of Food Science and Technology**, 51, 2977-2989.
- William, A.W. & Robert, M.D. (1992). Interactions of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fish ponds. **Southern Regional Aquaculture Center Publication**, 464, 1-4.
- Wirawati, C.U. (2000). **Potential of Lactic Acid Bacteria Isolated from Tempoyak as Probiotic**. Institute of Pertanian (Bagor, Indonesia).
- Xiong, T.; Song, S.; Huang, S.; Feng, C.; Liu, G.; Huang, J. & Xie, M. (2013). Screening and identification of functional *Lactobacillus* specific for vegetable fermentation. **Journal of Food Science**, 78(1), M84-M89.
- Yuliani, N. & Dixon, E.I. (2011). Phenotypic identification of lactic acid bacteria isolated from tempoyak (fermented durian) made in the Philippines. **International Journal of Biology**, 3, 145-152.