

ผลของการเติมพืชสมุนไพรต่อคุณสมบัติทางเคมี จุลินทรีย์ และคุณภาพของแหนมหมู

Effects of adding medicinal plants on chemical properties, microbial, and quality of Nham (Fermented pork)

พรทิพพา พิณญาพงษ์^{1*}, จุติพร เทียรธนิติกุล² และ อัมพวัน วิริยะรัตนกุล³

Porntippa Pinyaphong^{1*}, Thitiphorn Thiankhanithikun² and Amphawan Wiriyanattanakul³

Received: 24 May 2024 ; Revised: 15 July 2024 ; Accepted: 30 July 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมพืชสมุนไพรต่อคุณสมบัติทางเคมี จุลินทรีย์ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมหมู โดยใช้สมุนไพรสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มสมุนไพรพื้นบ้าน (ขมิ้น และพริกไทย) และกลุ่มสมุนไพรให้สีแดง (กระเจี๊ยบแดง บัทรูป ฝรั่ง และครั่ง) แหนมหมูสูตรพื้นฐานเตรียมโดยผสมเนื้อหมูบด หนังหมูต้ม ข้าวเหนียวหนึ่ง กระเทียม และเกลือในสัดส่วนดังนี้ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) 71, 18, 5, 3.5 และ 2.5 ร่วมกับสารคงสภาพของสี (โซเดียมไนไตรต์) จากนั้นเติมสมุนไพรในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ สมุนไพรสด (5 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) น้ำมันสกัดจากสมุนไพร (1 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) และสมุนไพรให้สีแดง (2.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) แล้วทำการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน โดยเก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 เพื่อตรวจวัดค่าพีเอช ปริมาณกรดแลกติก และจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก เตรียมแหนมหมูสมุนไพร 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 (เติมขมิ้นสด) สูตรที่ 2 (เติมขมิ้นสดร่วมกับบัทรูป) สูตรที่ 3 (เติมพริกไทยสด) และสูตรที่ 4 (เติมพริกไทยสดร่วมกับบัทรูป) เพื่อตรวจสอบคุณภาพโดยเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมซึ่งไม่เติมสมุนไพร ผลการทดลองพบว่าในวันที่ 3 ของการหมัก แหนมที่เติมขมิ้นสดหรือพริกไทยสด 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพีเอช ≤ 4.6 ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแลกติก และจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก แหนมที่เติมกระเจี๊ยบแดงหรือบัทรูปก็แสดงค่าพีเอช < 4.6 ในช่วงเวลาเดียวกัน ผลการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์พบว่า แหนมหมูทั้ง 4 สูตรมีลักษณะสีชมพูตามธรรมชาติ ปริมาณโปรตีนและไขมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ค่าพีเอชแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การตรวจสอบจุลินทรีย์ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* ขณะที่ *Salmonella spp.* และ *Escherichia coli* ไม่ตรวจพบในสูตรที่ 1 และ 3 แต่ตรวจพบในสูตรที่ 2 และ 4 (ควรระบุว่าสูตรใดที่ผู้อ่านอ่านแล้วควรนำไปใช้เพราะอะไร ซึ่งส่วนนี้จะทำให้งานมีคุณค่ายิ่งขึ้น)

คำสำคัญ: พืชสมุนไพร, แหนมหมู, คุณสมบัติทางเคมี, จุลินทรีย์, คุณภาพ

Abstract

This study aimed to investigate the effects of medicinal plant additives on the chemical, microbiological, and quality characteristics of fermented pork sausage (Nham). Two groups of herbs were used: traditional herbs (ginger, turmeric, and pepper) and red-coloring herbs (roselle, beetroot, sappanwood, and lac dye). A basic fermented pork sausage formula was prepared by mixing minced pork, boiled pork skin, steamed sticky rice, garlic, and salt at respective proportions of 71%, 18%, 5%, 3.5%, and 2.5% (w/w), along with a color retention agent. Herbs were incorporated in various forms: fresh herbs (5% and 10% w/w), herbal essential oils (1% and 10% w/w), and red-coloring herbs (2.5% w/w). The sausages were fermented at room temperature for 7 days. Samples were collected on days 0, 1, 3, 5, and 7 to determine pH, lactic acid content, and lactic acid bacteria counts. Four formulations of herbal fermented

^{1,3}หลักสูตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์

² หลักสูตรอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์

* ผู้ประสานงาน พรทิพพา พิณญาพงษ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์
Email: p.pinyaphong@gmail.com

^{1,3}Program of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, Maung, Uttaradit
E-mail: p.pinyaphong@gmail.com

² Program of Food and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, Maung, Uttaradit

* Corresponding author: Email: Porntippa Pinyaphong, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University

pork were prepared: Formula 1 (with fresh ginger), Formula 2 (with fresh ginger and beetroot), Formula 3 (with fresh pepper), and Formula 4 (with fresh pepper and beetroot), to evaluate their quality compared to the control formulation without added herbs. The results showed that on day 3 of fermentation, sausages containing 5% fresh ginger or pepper had a pH value ≤ 4.6 , which corresponded with an increase in lactic acid and lactic acid bacteria. Similarly, sausages containing roselle or beetroot also exhibited a pH < 4.6 on day 3. Quality evaluation revealed that all four herbal formulations had a naturally pink color. There were no statistically significant differences in protein and fat content ($p > 0.05$); however, significant differences were observed in pH ($p < 0.05$). Microbiological testing showed no contamination by *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, or *Clostridium perfringens*. Additionally, *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* were not detected in Formulas 1 and 3 but were detected in Formulas 2 and 4.

Keywords: Medicinal plants, Nham (Fermented pork), chemical property, microorganism, quality

บทนำ

แหนมหมูจัดเป็นอาหารแปรรูปพื้นบ้าน ของประชาชนในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผลิตจากการนำเนื้อหมูบดมาผสมกับเกลือป่นสำหรับบริโภค ดินประสิว (โพแทสเซียมไนเตรท) ผงเพร็ก (เกลือและเกลือไนไตรท์) กระเทียม บดละเอียด และข้าวสุก นวดผสมให้เข้ากัน แล้วใส่หนังหมู ต้มหั่นบางๆ ผสมให้เข้ากันอีกครั้ง นำส่วนผสมไปบรรจุในถุงพลาสติก มัดปากถุงให้แน่นเพื่อไม่ให้อากาศเข้าไป จากนั้นเก็บแหนมไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 3-5 วัน เพื่อให้เกิดการหมัก จนผลิตภัณฑ์แหนมมีรสเปรี้ยว (Adams & Moss, 2008) แหนมที่ผสมเสร็จใหม่ๆ จะมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.2 – 6.5 เมื่อการหมักดำเนินไปแบคทีเรียกลุ่มแลคติกซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน จะผลิตกรดแลคติกซึ่งทำให้แหนมมีรสเปรี้ยว แหนมที่หมักจนสมบูรณ์ ค่าพีเอชจะลดลงมาที่ 4.45-4.55 (นรากร & ศนิ, 2564) ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. ๑๔๕/๒๕๕๖) กำหนดค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์แหนมต้องไม่เกิน 4.6 โดยทั่วไปกระบวนการหมักแหนมเป็นการหมักโดยอาศัยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบซึ่งมีปริมาณเพียงเล็กน้อยจนไม่สามารถแข่งขันกับเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ที่ปนเปื้อนได้อย่างเพียงพอ ทำให้การควบคุมกระบวนการหมักทำได้ยาก ไม่มีความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคทางเดินอาหารสามารถเจริญเติบโตได้ (ไฟโรจน์, 2558) จึงจำเป็นต้องใช้ดินประสิวและผงเพร็กช่วยในการหมักเพื่อจะทำให้เนื้อไม่เน่า และหยุดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหาร เช่น *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* เป็นต้น นอกจากนี้ดินประสิวยังทำให้แหนมมีเนื้อแน่น เหนียว มีสีแดงสวยน่ารับประทาน อย่างไรก็ตามมาตรฐาน มผช. ๑๔๕/๒๕๕๖ ของแหนมที่ทำจากเนื้อหมู กำหนดว่าการเติมโซเดียมไนเตรทหรือโพแทสเซียมไนไตรท์ต้องไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กรณีที่ใช้ในรูปของผงเพร็กต้องไม่เกิน 2 กรัมต่อเนื้อสัตว์ 1 กิโลกรัม เนื่องจากว่าหากได้รับ

สารไนเตรทไนไตรท์ในปริมาณมากจะทำให้เกิดสารจำพวกไนโตรซามีนซึ่งเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งตับ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) สำหรับแหนมที่เกิดการหมักสมบูรณ์แล้ว หากไม่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ แหนมจะเกิดการหมักต่อไปทำให้เกิดความเป็นกรดมากเกินไป ทำให้แหนมมีน้ำไหลออกมาเนื่องจากโปรตีนในเนื้อหมูเสียสภาพ มีการจับกันแน่นขึ้น

สมุนไพรพื้นบ้านมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิดได้ เช่น ขิงเป็นสมุนไพรช่วยลดอาการท้องอืดเฟ้อ และแผลในกระเพาะอาหาร สารสกัดจากขิงสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ 3 ชนิด ได้แก่ *Escherichia coli* *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus subtilis* (Azu & Onyeagba, 2007) ขมิ้นมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ลดการอักเสบ กระตุ้นการหลั่งน้ำดี ช่วยย่อยอาหาร บรรเทาอาการปวดท้อง ท้องอืด แน่น จุกเสียด และกระตุ้นภูมิคุ้มกัน สารสกัดจากขมิ้นยังมีผลยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารได้เช่นเดียวกัน (*Salmonella* sp., *Shigella* sp. และ *E. coli*) (Ungphaiboon et al., 2005) พริกไทยสดช่วยขับลมในกระเพาะ ขับเหงื่อแก้ท้องอืด ช่วยให้ระบบย่อยอาหารทำงานดีขึ้น และคลายอาการจากอาหารเป็นพิษ สารสกัดจากพริกไทยมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *B. subtilis* (Shiva et al., 2013) จึงเป็นที่น่าสนใจในการนำสมุนไพรพื้นบ้านดังกล่าวข้างต้นมาเติมเป็นส่วนผสมในการหมักแหนมหมูเพื่อช่วยในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคทางเดินอาหาร และเพิ่มกลิ่นของสมุนไพรในแหนม ซึ่งอาจจะเป็นแนวทางในการลดปริมาณการใช้ดินประสิวและผงเพร็กในการผลิตแหนมหมูได้ นอกจากนี้สมุนไพรบางชนิดนิยมนำมาใช้ผสมกับอาหารเพื่อให้สีแดง โดยธรรมชาติและเป็นการเพิ่มสรรพคุณทางยา เช่น กระเจี๊ยบ (Roselle) บีทรูท (Beetroot) ฝาง (Sappanwood) และครั่ง (Lac dye) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านเซลล์มะเร็ง ช่วยให้เลือดไหลเวียนสะดวก เป็นต้น (Avirutnant & Pongpan, 1983; Jimtaisong et al., 2013; Sirotamarat, 2005)

จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการนำมาผสมในแฮมหมูเพื่อลดปริมาณดินประสิวและผงเพรกที่ใช้ในการหมักแฮม ดังนั้นการวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของการเติมสมุนไพรพื้นบ้านและสมุนไพรให้สีแดงในกระบวนการผลิตแฮมหมูต่อคุณสมบัติทางเคมี จุลินทรีย์ และคุณภาพของแฮมหมู

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การเตรียมสมุนไพรพื้นบ้าน

สมุนไพรพื้นบ้านที่ใช้ได้แก่ ขิงสด ขมิ้นสด และพริกไทยสด ซื้อจากตลาดสดเทศบาล 2 จังหวัดอุดรธานีเตรียมโดยนำขิงสด และขมิ้นสดมาล้าง และปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ลักษณะคล้ายลูกเต๋าวัดขนาดประมาณ 5×5×5 มิลลิเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) แช่น้ำเกลือเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที นำขึ้นมาพักไว้ให้แห้ง ก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไปสำหรับพริกไทยสด แยกออกจากพวงให้เป็นเม็ดเดี่ยวๆ นำไปล้างน้ำ แล้วแช่น้ำเกลือเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที นำขึ้นมาพักไว้ให้แห้ง ก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไปสำหรับน้ำมันขิงสกัดเกรดอาหารซื้อจากบริษัทที่ซีเอสแปซิฟิค จำกัด กรุงเทพฯ น้ำมันขมิ้นเกรดอาหารซื้อจากบริษัทเอที

ออปเปอร์เรชั่นส์จำกัด ชลบุรี และน้ำมันพริกไทยเกรดอาหารซื้อจากบริษัทที่ซีเอสแปซิฟิค จำกัด กรุงเทพฯ

สมุนไพรที่ให้สีแดง ได้แก่ ผงกระเจียวแดง ผงบีทรูท ผงแก่นฝาง และผงครั่ง ซื้อจากร้านบ้านปลายนา นครปฐม ร้านชวนชมเบเกอรี่ กรุงเทพฯ ร้านจักรวรรดิสมุนไพร กรุงเทพฯ และบริษัทนอร์ทเทิร์นสยามซี๊ดแลค จำกัด ลำปาง ตามลำดับ

การผลิตแฮมหมู

การผลิตแฮมหมูมีการเตรียมวัตถุดิบดังนี้ (ไพโรจน์, 2558) นำเนื้อหมูแดงบดไขมันไปเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส เพื่อรอการผลิต ส่วนของหนังหมูเลาะเอาส่วนไขมันหมูออก เหลือเฉพาะส่วนหนังหมูบางๆ นำมาต้มในน้ำเดือด จากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 0.5 x 4 เซนติเมตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเพื่อรอการผลิต นำข้าวเหนียวหนึ่งมาล้างด้วยน้ำสะอาดจนเม็ดข้าวร่วนแล้วผึ่งให้แห้งรอการผลิต จากนั้นทำการผสมส่วนประกอบต่างๆ ตาม Table 1 ผสมให้เข้ากัน นวดจนส่วนผสมทั้งหมดเหนียวเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

Table 1 Ingredients for 1 kg of fermented pork.

Ingredients	Quantity (g)
Minced pork without fat	800
Boiled pork skin without fat	200
Steamed sticky rice	60
Sodium chloride	30
Sodium nitrate	0.3
Sodium nitrite	0.2
Sodium tripolyphosphate	3
Sodium erythrobate	0.5
Finely crushed fresh garlic	40

การศึกษาผลของสมุนไพรพื้นบ้านต่อคุณสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของแฮมหมู

เตรียมแฮมหมูใส่ซามผสมสแตนเลส 4 ใบๆ ละ 1 กิโลกรัม เติมขิงสด ขมิ้นสด และพริกไทยสด อย่างละ 50 กรัม ลงในซามผสมสแตนเลสใบที่ 1 ใบที่ 2 และใบที่ 3 ตามลำดับ ใบที่ 4 ไม่เติมสมุนไพร (ชุดควบคุม) นวดผสมให้เข้ากันนำไปบรรจุใส่ถุงพลาสติก ถุงละ 30 กรัม รีดถุงพลาสติกเพื่อไล่อากาศออก มัดถุงพลาสติกให้แน่นด้วยหนังยาง นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (27-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน เก็บตัวอย่างแฮม 5 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 เริ่มต้น (0 วัน) ครั้งที่ 2-5 เก็บในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 ของการหมักตามลำดับ เก็บ

ครั้งละ 3 ถุง แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าพีเอช ปริมาณกรดแลคติก และจำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกทั้งหมด ในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

ทำการทดลองซ้ำดังกล่าวข้างต้นแต่เปลี่ยนแปลงปริมาณของขิงสด ขมิ้นสด และพริกไทยสด เป็น 100 กรัม สำหรับการศึกษาค่าผลของสมุนไพรในรูปแบบของน้ำมันสกัดจะเติมน้ำมันขิง น้ำมันขมิ้น และน้ำมันพริกไทย อย่างละ 10 มิลลิลิตร ลงในซามผสมสแตนเลสใบที่ 1 ใบที่ 2 และใบที่ 3 แทนการเติมสมุนไพรแบบสด ตามลำดับ ทำการทดลองซ้ำดังกล่าวข้างต้นโดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำมันขิง น้ำมันขมิ้น และน้ำมันพริกไทย เป็น 100 มิลลิลิตร

การศึกษาผลของสมุนไพรให้สีแดงต่อคุณสมบัติทางเคมีของแหนมหมู

การศึกษานี้เป็นการทดลองใช้สมุนไพรให้สีแดงบางชนิดแทนการเติมสารดินประสีและผงเพรก โดยผสมองค์ประกอบต่างๆ ในการหมักแหนมหมูตาม Table 1 แต่ไม่เติมโซเดียมไนเตรท โซเดียมไนไตรท์ โซเดียมไตรฟอสเฟต และโซเดียมอีริทโรเบต พักไว้ในซามผสมสแตนเลสจำนวน 5 ใบๆ ละ 1 กิโลกรัม ใบที่ 1 ไม่เติมสมุนไพรให้สีแดง (ชุดควบคุม) ใบที่ 2 ถึง ใบที่ 5 เติมผงกระเจี๊ยบแดง ผงปีทูท ผงแก่นฝาง และผงครั่ง อย่างละ 25 กรัม ตามลำดับ จากนั้นนวดผสมให้เข้ากันแล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติก ถุงละ 30 กรัม หมักเป็นเวลา 7 วัน เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าพีเอช และปริมาณกรด เป็นช่วงๆ ในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 ของการหมัก โดยในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่างทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

การผลิตแหนมหมูสูตรผสมพืชสมุนไพร

เตรียมแหนมหมูผสมสมุนไพร 4 สูตร ตามส่วนผสมใน Table 2 โดยสูตร 1 (ผสมขิงสด) สูตร 2 (ผสมขิงสดและผงปีทูท) สูตร 3 (ผสมพริกไทยสด) และสูตร 4 (ผสมพริกไทยสดและผงปีทูท) นวดส่วนผสมแต่ละสูตรให้เข้ากันจนมีความเหนียว บรรจุใส่ถุงพลาสติก ถุงละ 50 กรัม รีดถุงให้อากาศออก มัดถุงพลาสติกให้แน่นด้วยหนังยาง นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพตาม มผช. ๑๔๕/๒๕๔๖ ได้แก่ ลักษณะทั่วไป ลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รส สิ่งแปลกปลอม โปรตีน (AOAC, 2000) ไขมัน (AOAC, 2000) ค่าพีเอช (pH meter) และเชื้อปนเปื้อนชนิดต่างๆ ได้แก่ *Salmonella* spp. ซึ่งตรวจสอบตามมาตรฐาน ISO 6579:2002 (International Organization for Standardization, 2002), *S. aureus* (AOAC, 2003), *B. cereus* (BAM Online, 2002), *Clostridium perfringens* (BAM Online, 2002) และ *E. coli* (BAM Online, 2002)

Table 2 Ingredients of herbal fermented pork 1 kg.

Ingredients	Quantity (g)			
	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4
Minced pork	800	800	800	800
Boiled pork skin	200	200	200	200
Steamed sticky rice	60	60	60	60
Sodium chloride	30	30	30	30
Sodium nitrate	0.3	-	0.3	-
Sodium nitrite	0.2	-	0.2	-
Sodium tripolyphosphate	3.0	-	3.0	-
Sodium erythroate	0.5	-	0.5	-
Crushed fresh garlic	40	40	40	40
Fresh ginger	50	50	-	-
Fresh pepper	-	-	50	50
Beetroot powder	-	25	-	25

การตรวจสอบค่าพีเอชของแหนม

เตรียมสารละลายตัวอย่างแหนมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้ (AOAC, 2000) ซึ่งตัวอย่างแหนม 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร บดให้ละเอียดด้วยแท่งแก้วคน เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 90 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคนประมาณ 1 นาที แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman no. 1 ปิเปตส่วนของสารละลายใส 20 มิลลิลิตร มาวัดค่าพีเอช โดยใช้ pH meter ทำการทดลองซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง

การวิเคราะห์ปริมาณกรด

ปิเปตสารละลายใสของแหนม 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาไลน์ 1-2 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู (AOAC, 2000) นำไปคำนวณปริมาณกรดแลคติก ดังสมการ (1)

ปริมาณกรดแลคติก =

$$(N \times V_1 \times 90.08 \times 100) / 1,000 \times V_2 \quad \text{สมการ (1)}$$

เมื่อ

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (M)

V₁ = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

V₂ = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

การวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก

ซึ่งตัวอย่างแฮม 10 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85 ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคน ปิเปตสารละลายตัวอย่างแฮม 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน (สารละลายเข้มข้น 10⁻¹) จากนั้นปิเปตสารละลายที่เข้มข้น 10⁻¹ อีก 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน (สารละลายเข้มข้น 10⁻²) จากนั้นทำการเจือจางต่อไปจนได้ความเข้มข้น 10⁻¹⁰ ปิเปตสารละลายของแต่ละระดับการเจือจาง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงไปในจานเพาะเชื้อ (แต่ละการเจือจางทำซ้ำ 2 ครั้ง) เทอาหารแข็งสูตร MRS ที่เติม bromocresol purple 0.01 เปอร์เซ็นต์ (อุณหภูมิ 45±1 องศาเซลเซียส) ประมาณ 12-15 มิลลิลิตร ลงไปในจานเพาะเชื้อแต่ละใบ หมุนจานเพาะเชื้อซ้าย ขวา บน ล่าง เพื่อให้สารละลายตัวอย่างและอาหารเข้ากัน ตั้งไว้จนอาหารแข็ง นำไปป่นในขวดโหลแก้วสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48±2 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่เจริญเติบโตและสามารถเปลี่ยนอาหารจากสีม่วงเป็นสีเหลือง (AOAC, 2000) แล้วนำไปคำนวณในหน่วยโคโลนีต่อกรัม หรือ colony forming unit (CFU/g) ดังสมการ (2)

$$CFU/g = \sum c / (v_1 n_1 + 0.1 n_2) d \quad \text{สมการ (2)}$$

เมื่อ

Σc = ผลรวมของโคโลนีที่นับได้ทั้งหมดจากจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 25-250 โคโลนี

V₁ = ปริมาณของหัวเชื้อที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์

n₁ = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับในช่วง 25-250 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นแรก

n₂ = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับในช่วง 25-250 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นที่ 2

d = ระดับความเข้มข้นแรกที่สามารถนับเชื้อได้ในช่วง 25-250 โคโลนี

การวัดคุณภาพของแฮมหมู

วิเคราะห์คุณภาพของแฮมหมู ได้แก่ ลักษณะทั่วไป ลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่นรส สิ่งแปลกปลอม ทำการตรวจพินิจตาม มพช. ๑๔๕/๒๕๕๕ ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000) และปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การศึกษาผลของสมุนไพรพื้นบ้าน และการศึกษาผลของสมุนไพรให้สีแดง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าพีเอช ปริมาณกรด และจำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่ตรวจพบในตัวอย่างที่ได้จากการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง สำหรับการศึกษาคุณภาพของแฮมหมูสูตรต่างๆ นำข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีจากการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และหาความแตกต่างรายคู่ของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p≤0.05) โดยใช้โปรแกรมอะไรระบุเพิ่มเติมด้วย

ผลการทดลองและอภิปรายผล

คุณสมบัติทางเคมี และจำนวนจุลินทรีย์แลคติกของแฮมหมูที่เติมสมุนไพรพื้นบ้าน

จากการเติมสมุนไพรชนิดต่างๆ ได้แก่ ขิง ขมิ้น และพริกไทย ในลักษณะสด และน้ำมัน ลงในตัวอย่างแฮมหมู เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกสมุนไพรพื้นบ้านที่เหมาะสมในการนำมาผสมกับตัวอย่างแฮม ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช ปริมาณกรดแลคติก และจำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกของตัวอย่างแฮมหมูที่เติมสมุนไพรสดชนิดต่างๆ และตัวอย่างแฮมหมูที่เติมน้ำมันสมุนไพรชนิดต่างๆ แสดงใน Table 3-5 ตามลำดับ

Table 3 pH values of fermented pork supplemented with fresh and oil medicinal plants during different incubation periods.

Formulars	Average pH value by day				
	Day 0	Day 1	Day 3	Day 5	Day 7
control	6.20±0.06	5.80±0.06	4.80±0.05	4.30±0.05	4.20±0.05
5% ginger added	6.27±0.05	5.15±0.05	4.60±0.05	4.10±0.05	4.00±0.06
10% ginger added	6.21±0.06	5.81±0.06	4.81±0.06	4.31±0.06	4.30±0.06
5% turmeric added	6.25±0.05	5.85±0.07	4.85±0.06	4.35±0.06	4.05±0.05
10% turmeric added	6.50±0.07	6.10±0.06	5.10±0.06	4.60±0.06	4.10±0.07
5% pepper added	6.28±0.05	5.58±0.05	4.58±0.05	4.28±0.05	4.20±0.07
10% pepper added	6.33±0.06	5.83±0.06	5.33±0.05	4.83±0.06	4.33±0.05
1% ginger oil added	6.27±0.06	5.87±0.08	4.87±0.07	4.47±0.05	4.07±0.05
10% ginger oil added	6.20±0.05	5.80±0.07	4.80±0.06	4.40±0.05	4.04±0.05
1% turmeric oil added	6.25±0.04	5.75±0.06	4.75±0.05	4.25±0.05	4.20±0.07
10% turmeric oil added	6.38±0.05	5.98±0.07	5.48±0.06	4.98±0.06	4.48±0.07
1% pepper oil added	6.36±0.06	5.96±0.05	4.96±0.05	4.46±0.05	4.30±0.06
10% pepper oil added	6.40±0.06	6.00±0.06	5.00±0.06	4.50±0.05	4.40±0.06

จาก Table 3 เมื่อเริ่มต้นการหมัก แหนมหมูที่เติมสมุนไพรชนิดต่างๆ มีค่าพีเอชเฉลี่ยประมาณ 6.20-6.50 มีปริมาณกรดเฉลี่ยประมาณ 0.20-0.26 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกประมาณ 5.72-6.02 log CFU/g เมื่อเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น จากเริ่มต้นจนถึงวันที่ 7 ของการหมัก ค่าพีเอชของแหนมในสูตรควบคุมและสูตรที่เติมสมุนไพรลดลงและสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรด และจำนวนของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก ซึ่งอธิบายได้ว่าการหมักเกิดขึ้นจุลินทรีย์ที่อยู่ในวัตถุดิบตามธรรมชาติจะผลิตกรดแลคติก ซึ่งส่งผลให้แหนมมีรสชาติเปรี้ยว โดยแสดงค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 4.50-5.30 ส่วนค่าพีเอชที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน มผช คือ ค่าพีเอช ≤ 4.6 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

จากผลการทดลองพบว่าแหนมที่มีค่าพีเอช ≤ 4.6 ภายในเวลา 3 วัน ได้แก่ แหนมหมูที่เติมขิงสด 5 เปอร์เซ็นต์ และสูตรเติมพริกไทยอ่อน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยแสดงค่าความเป็นกรดเท่ากับ 0.39 และ 0.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีจำนวน

จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกประมาณ 7.8-7.82 log CFU/กรัม เมื่อเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นเป็น 5 วัน พบตัวอย่างแหนมหมูที่มีค่าพีเอช ≤ 4.6 เพิ่มขึ้นเกือบทุกสูตร ยกเว้น 2 สูตร ได้แก่ สูตรเติมพริกไทยสด 10 เปอร์เซ็นต์ (pH = 4.83) และสูตรเติมน้ำมันขมิ้น 10 เปอร์เซ็นต์ (pH = 4.98) โดยมีค่าความเป็นกรดประมาณ 0.37-0.39 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกทั้งหมดประมาณ 7.37-7.52 log CFU/กรัม จะเห็นได้ว่าการเติมสมุนไพรพื้นบ้าน 2 ชนิด คือ ขิงสด 5 เปอร์เซ็นต์ และ พริกไทยสด 5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดการหมักได้เร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแหนมหมูสูตรควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับค่าพีเอชของแหนมผสมสมุนไพรชนิดต่างๆ ได้แก่ พริก ใบมะกรูด หอมแดง ขิง และขมิ้นขาวที่หมักเป็นเวลา 7 วัน จะมีค่าพีเอชประมาณ 4.15-4.21 (สุชาติและคณะ, 2550) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกขิงสด 5 เปอร์เซ็นต์ และ พริกไทยสด 5 เปอร์เซ็นต์ มาผสมกับแหนมหมูเพื่อให้แหนมมีรสชาติเปรี้ยวภายในเวลา 3 วัน

Table 4 Acidity values of fermented pork supplemented with fresh and oil medicinal plants during different incubation periods.

Formulars	Average pH value by day				
	Day 0	Day 1	Day 3	Day 5	Day 7
control	6.20±0.06	5.80±0.06	4.80±0.05	4.30±0.05	4.20±0.05
5% ginger added	6.27±0.05	5.15±0.05	4.60±0.05	4.10±0.05	4.00±0.06
10% ginger added	6.21±0.06	5.81±0.06	4.81±0.06	4.31±0.06	4.30±0.06
5% turmeric added	6.25±0.05	5.85±0.07	4.85±0.06	4.35±0.06	4.05±0.05
10% turmeric added	6.50±0.07	6.10±0.06	5.10±0.06	4.60±0.06	4.10±0.07
5% pepper added	6.28±0.05	5.58±0.05	4.58±0.05	4.28±0.05	4.20±0.07
10% pepper added	6.33±0.06	5.83±0.06	5.33±0.05	4.83±0.06	4.33±0.05
1% ginger oil added	6.27±0.06	5.87±0.08	4.87±0.07	4.47±0.05	4.07±0.05
10% ginger oil added	6.20±0.05	5.80±0.07	4.80±0.06	4.40±0.05	4.04±0.05
1% turmeric oil added	6.25±0.04	5.75±0.06	4.75±0.05	4.25±0.05	4.20±0.07
10% turmeric oil added	6.38±0.05	5.98±0.07	5.48±0.06	4.98±0.06	4.48±0.07
1% pepper oil added	6.36±0.06	5.96±0.05	4.96±0.05	4.46±0.05	4.30±0.06
10% pepper oil added	6.40±0.06	6.00±0.06	5.00±0.06	4.50±0.05	4.40±0.06

Table 5 Lactic acid bacteria values of fermented pork supplemented with fresh and oil medicinal plants during different incubation periods.

Formulars	Average lactic acid bacteria value by day (log CFU/g)				
	Day 0	Day 1	Day 3	Day 5	Day 7
control	6.02±0.06	6.83±0.06	7.60±0.05	8.05±0.05	8.46±0.05
5% ginger added	6.00±0.05	7.48±0.05	7.80±0.05	8.25±0.05	8.66±0.06
10% ginger added	6.01±0.06	6.82±0.06	7.59±0.06	8.04±0.06	8.56±0.06
5% turmeric added	5.97±0.05	6.78±0.07	7.55±0.06	8.00±0.06	8.61±0.05
10% turmeric added	5.72±0.07	6.53±0.06	7.30±0.06	7.75±0.06	8.56±0.07
5% pepper added	5.94±0.05	7.05±0.05	7.82±0.05	8.07±0.05	8.46±0.07
10% pepper added	5.89±0.06	6.80±0.06	7.07±0.05	7.52±0.06	8.33±0.05
1% ginger oil added	5.95±0.06	6.76±0.08	7.53±0.07	7.88±0.05	8.59±0.05
10% ginger oil added	6.03±0.05	6.84±0.07	7.70±0.06	7.95±0.05	8.62±0.05
1% turmeric oil added	5.97±0.04	6.88±0.06	7.65±0.05	8.10±0.05	8.47±0.07
10% turmeric oil added	5.84±0.05	6.65±0.07	6.92±0.06	7.37±0.06	8.18±0.07
1% pepper oil added	5.86±0.06	6.67±0.05	7.44±0.05	7.89±0.05	8.36±0.06
10% pepper oil added	5.82±0.06	6.63±0.06	7.40±0.06	7.85±0.05	8.26±0.06

คุณสมบัติทางเคมีของแฮมหมักที่เติมสมุนไพรให้สีแดง จากการทดลองหมักแฮมหมักโดยเติมสมุนไพรให้สีแดงแบบผงชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กระเจี๊ยบแดง บัทรูป ฝรั่ง และ ครั้ง แทนการเติมสารกลุ่มไนโตรเจนไนไตรท์ (โซเดียมไนไตรท์

โซเดียมไนไตรท์ โซเดียมพอลิฟอสเฟต และโซเดียมอิทธิโรเบต) เปรียบเทียบกับแฮมหมักสูตรควบคุมที่ไม่เติมสมุนไพรให้สีแดง ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช และปริมาณกรดของแฮมหมัก แสดง ใน Table 6 และ Table 7 ตามลำดับ

Table 6 pH values of fermented pork supplemented with red medicinal plants during different incubation periods.

Formulars	Average pH value by day				
	Day 0	Day 1	Day 3	Day 5	Day 7
Control	6.20±0.01	5.80±0.01	4.80±0.02	4.30±0.01	4.20±0.01
2.5% roselle added	5.64±0.02	4.79±0.01	4.19±0.01	4.07±0.02	4.04±0.02
2.5% beetroot added	5.61±0.01	4.70±0.01	4.40±0.02	4.03±0.01	4.03±0.01
2.5% sappanwood added	5.80±0.03	5.40±0.02	4.75±0.02	4.65±0.01	4.60±0.02
2.5% lac dye added	5.88±0.01	5.42±0.01	4.67±0.02	4.50±0.02	4.30±0.02

Table 7 Acidity values of fermented pork supplemented with red medicinal plants during different incubation periods.

Formulars	Average acidity value by day (%)				
	Day 0	Day 1	Day 3	Day 5	Day 7
Control	0.20±0.01	0.24±0.01	0.32±0.02	0.40±0.02	0.52±0.03
2.5% roselle added	0.30±0.02	0.42±0.02	0.61±0.03	0.69±0.02	0.72±0.02
2.5% beetroot added	0.31±0.01	0.48±0.01	0.53±0.02	0.73±0.02	0.73±0.01
2.5% sappanwood added	0.29±0.02	0.34±0.02	0.45±0.02	0.48±0.01	4.50±0.02
2.5% lac dye added	0.25±0.02	0.36±0.02	0.48±0.01	0.54±0.02	0.59±0.02

จาก Table 6 จะเห็นได้ว่าเวลาเริ่มต้นการหมัก (0 วัน) ค่าพีเอชของแฮมหมักที่ผสมสมุนไพรให้สีแดงทุกชนิด มีค่าเฉลี่ยประมาณ 5.61-6.11 ซึ่งน้อยกว่าค่าพีเอชของสูตรควบคุม เมื่อเวลาของการหมักเพิ่มขึ้นค่าพีเอชของแฮมหมักที่ผสมสมุนไพรให้สีแดงและแฮมหมักสูตรควบคุมมีค่าลดลง ในวันที่ 3 ของการหมักมีแฮมหมักเพียงสองสูตรที่แสดงค่าพีเอช ≤ 4.6 คือ แฮมหมักที่ผสมกระเจี๊ยบแดง และแฮมหมักที่ผสม บัทรูป ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 0.53 และ 0.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 7) ส่วนในวันที่ 5 ของการหมัก แฮมหมักที่ผสมสมุนไพรให้สีแดงแสดงค่าพีเอชน้อยกว่า 4.6 ยกเว้นแฮมหมักที่ผสมฝรั่งที่แสดงค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ซึ่งในวันที่ 7 ของการหมัก แฮมหมักที่ผสมสมุนไพรให้สีแดงทุกชนิดแสดงค่าพีเอชเฉลี่ย ≤ 4.6 ดังนั้นหากพิจารณาจากค่าพีเอชของแฮมหมัก พบว่า กระเจี๊ยบแดงและบัทรูปเป็นสมุนไพรที่เหมาะสมในการนำไปผสมกับผลิตภัณฑ์แฮมหมักเพื่อให้มีสีแดงจากสารธรรมชาติแทนการใช้สารไนโตรเจนไนไตรท์เนื่องจากให้ค่าพีเอช ≤ 4.6 ตั้งแต่วันที่ 3 ของการหมัก จะทำให้แฮมมีรสชาติเปรี้ยวเร็วกว่าสมุนไพรชนิด

อื่น แต่อย่างไรก็ตามกระเจี๊ยบแดงมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์แฮมหมักเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาในการหมัก คือ ในวันแรกสีของแฮมหมักจะเป็นสีม่วงแดง แล้วจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีชมพูในวันที่ 3 และจะเปลี่ยนเป็นสีแดงอีกครั้งหนึ่งในวันที่ 7 ซึ่งอธิบายได้ว่ากระเจี๊ยบแดงมีสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีโดยธรรมชาติและมีสมบัติเปลี่ยนแปลงสีตามค่าพีเอชที่เปลี่ยนไป หากอยู่ในสภาวะกรดจะให้สีแดง หากอยู่ในสภาวะเป็นกลางจะให้สีม่วง และหากอยู่ในสภาวะเป็นเบสจะให้สีน้ำเงิน (Sayago-Ayerdi *et al.*, 2007) ดังนั้นจึงเลือกบัทรูปเป็นสมุนไพรที่ให้สีแดงแทนไนโตรเจนไนไตรท์ในการทดลองต่อไป

คุณภาพของแฮมหมักผสมสมุนไพร

จากการทดลองผลิตแฮมหมักผสมสมุนไพร 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 แฮมหมักผสมขิงสด 5% สูตรที่ 2 แฮมหมักผสมขิงสด 5% และบัทรูป 2.5% สูตรที่ 3 แฮมหมักผสมพริกไทยสด 5% และ สูตรที่ 4 แฮมหมักผสมพริกไทยสด 5% และบัทรูป 2.5% ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ เปรียบเทียบกับสูตรเดิมที่ไม่เติมสมุนไพร (สูตรที่ 5)

หลังจากการหมักไปแล้ว 3 วัน ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของแฮม พบว่า แฮมทั้ง 5 สูตร มีลักษณะเนื้อแน่น ไม่มีโพรงอากาศ และมีสีชมพูตามธรรมชาติ โดยสูตรที่ 1 และ 5 มีกลิ่นหอมธรรมชาติ สูตรที่ 2 มีกลิ่นคล้ายดิน สูตรที่ 3 และ 4 ได้กลิ่นของพริกไทย ทุกสูตรไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมี เช่น ค่าพีเอช ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันของแฮมทั้ง 5 สูตร โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว แสดงใน Table 8 พบว่าค่าพีเอชระหว่างสูตรต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสูตรที่มีค่าพีเอชต่ำสุด คือ สูตรที่ 1 รองลงมาคือสูตรที่ 3 และแฮมสูตรที่เติมสมุนไพรทั้งพริกไทย (สูตรที่ 2 และสูตรที่ 4) ในขณะที่สูตรที่ 5 ซึ่งเป็นสูตรควบคุมไม่เติมสมุนไพรใดๆ มีค่าพีเอชสูงที่สุด แนวโน้มของค่าพีเอชที่ลดลงของแฮมสูตรเติมสมุนไพร อาจเนื่องมาจากผลของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในสมุนไพร เช่น ขิงซึ่งมีสารจินเจอร์อล (Gingerols) และโชกาออล (Shogaols) ที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ที่ติดมากับวัตถุดิบและเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้ ส่งผลให้การหมักของแบคทีเรียกรดแลคติกมีประสิทธิภาพดีขึ้น และผลิตกรดแลคติกได้มากขึ้น จึงทำให้ค่าพีเอชของแฮมลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับสูตรเดิมที่ไม่เติมสมุนไพร (Mao *et al.*, 2019) สำหรับพริกไทย

มีสารพิเพอรีน (Piperine) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์บางชนิดเช่นกัน แต่จะมีผลทำให้ค่าพีเอชลดลงไม่เท่ากัน โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรที่ 3 เดิมพริกไทยอย่างเดียว กับสูตรที่ 1 เดิมขิงอย่างเดียว พบว่าค่าพีเอชแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 9) ส่วนการเติมบีทรูทร่วมกับขิงในสูตรที่ 2 ส่งผลให้ค่าพีเอชสูงขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรที่เติมขิงเพียงอย่างเดียว (สูตรที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) สำหรับการเติมบีทรูทร่วมกับพริกไทยในสูตรที่ 4 ค่าพีเอชที่วัดได้ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 3 ที่เติมพริกไทยเพียงอย่างเดียว ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Janiszewska-Turak และคณะ (2022) ได้ทำการหมักน้ำบีทรูทโดยเชื้อธรรมชาติพบว่าค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำบีทรูทมีค่าประมาณ 5.8 เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ค่า pH ยังคงไม่เปลี่ยนแปลงจนถึงวันที่ 6 ของการหมัก ค่าพีเอชจะลดลงมีค่าประมาณ 5.0-5.1 เมื่อเทียบกับน้ำผลไม้เริ่มต้น อย่างไรก็ตามค่าพีเอชที่สูงขึ้นจากการเติมบีทรูทร่วมกับสมุนไพรก็ยังมีค่าน้อยกว่าค่าพีเอชของสูตรดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเติมสมุนไพร เช่น ขิง หรือ พริกไทย ในผลิตภัณฑ์แฮมสามารถปรับสภาวะการหมักในผลิตภัณฑ์แฮมหมักให้เกิดกรดได้เร็วขึ้นจึงทำให้ค่าพีเอชของแฮมลดลงมากกว่าแฮมที่ไม่เติมสมุนไพร ซึ่งอาจช่วยเพิ่มความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ก่อโรคที่ปนเปื้อนบางชนิดได้

Table 8 One-way ANOVA compares means between formulas

Properties	Formula	Mean	Std.	p-value
pH	1	4.17	0.03	0.000
	2	4.53	0.02	
	3	4.59	0.02	
	4	4.52	0.03	
	5	4.76	0.04	
Protein	1	23.31	0.33	0.685
	2	23.21	0.20	
	3	23.03	0.08	
	4	23.03	0.03	
	5	23.03	0.53	
Fat	1	8.15	0.05	0.616
	2	8.21	0.03	
	3	8.20	0.04	
	4	8.20	0.05	
	5	8.22	0.08	

Formulas 1–4 represent different herbal supplement combinations: Formula 1 was supplemented with 5% fresh ginger; Formula 2 with 5% fresh ginger and 2.5% beetroot; Formula 3 with 5% fresh pepper; and Formula 4 with 5% fresh pepper and 2.5% beetroot. Formula 5 was the control formulation that contained no herbal additions.

นอกจากนี้การเติมขิง พริกไทย หรือบีทรูทในปริมาณที่ทำการทดลองไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีน และไขมันในผลิตภัณฑ์แฮมหมูอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เนื่องจากการผลิตแฮมใช้วัตถุดิบหลัก เช่น เนื้อหมู และหนังหมูซึ่งเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมันในผลิตภัณฑ์ โดยใช้สัดส่วนเดียวกันในทุกสูตร ถึงแม้จะเติมสมุนไพรลงไป สัดส่วนนี้ยังคงใกล้เคียงกัน

ในแต่ละสูตร ซึ่งปริมาณโปรตีนในทุกสูตรเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช ๑๔๕/๒๕๔๖ (โปรตีน ≥ 20 เปอร์เซ็นต์) ส่วนปริมาณไขมันในทุกสูตรมีค่าเฉลี่ยรวม 8.195 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเพียงเล็กน้อย (เกณฑ์ของไขมัน ≤ 8 เปอร์เซ็นต์)

Table 9 Post hoc by Tukey HSD

Item	Compare formular	Mean differences	95% CI	p-value
pH	1-2	-.36000	-.4388 — -.2812	0.000
	1-3	-.41667	-.4955 — -.3379	0.000
	1-4	-.34667	-.4255 — -.2679	0.000
	1-5	-.58667	-.6655 — -.5079	0.000
	2-3	-.05667	-.1355 — -.0221	0.202
	2-4	.01333	-.0656 — -.0921	0.979
	2-5	-.22667	-.3055 — -.1479	0.000
	3-4	.07000	-.0088 — -.1488	0.088
	3-5	-.17000	-.2488 — -.0912	0.000
	4-5	-.24000	-.3188 — -.1612	0.000

สำหรับผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาพบว่า แหนมทั้ง 5 สูตรตรวจไม่พบเชื้อ *S. aureus*, *B. cereus* และ *Cl. perfringens* ในส่วนของเชื้อ *Salmonella* sp. จะตรวจพบเฉพาะในสูตรที่ 2 และ 4 เท่านั้น สำหรับเชื้อ *E. coli* ในสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ตรวจพบในปริมาณ <3 MPN/g ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ของมผช ๑๔๕/๒๕๔๖ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แต่ในสูตรที่ 2, สูตรที่ 4 และ สูตรที่ 5 ตรวจพบ $>1,100$ MPN/g แม้จะมีการใช้สมุนไพรในสูตรที่ 2 และ 4 แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *Salmonella* และ *E. coli* ได้ ควรมีการควบคุมการปนเปื้อนเพิ่มเติมจากแหล่งวัตถุดิบ และสภาวะแวดล้อมหรือสุขลักษณะในกระบวนการผลิต (Gelinski *et al.*, 2019) จากข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และคุณสมบัติทางจุลชีววิทยา แหนมหมูสมุนไพรสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 เหมาะสำหรับการนำไปบริโภคมากที่สุด เนื่องจากมีค่าพีเอช ต่ำกว่า 4.6 และไม่พบเชื้อก่อโรคทางเดินอาหารที่อาจติดมากับวัตถุดิบซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน (Osiriphun *et al.*, 2004)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการใช้สมุนไพรพื้นบ้าน ได้แก่ ขิง ขมิ้น และพริกไทย ในรูปแบบสมุนไพรสดและน้ำมัน

สมุนไพร ผสมในผลิตภัณฑ์แฮมหมู พบว่า การเติมขิงสดและพริกไทยสดในอัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก มีผลช่วยลดค่าพีเอชของแฮมหมูได้อย่างมีนัยสำคัญ และสามารถทำให้ค่าพีเอชลดลงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ภายในระยะเวลา 3 วัน สำหรับการเติมผงบีทรูท ซึ่งเป็นสมุนไพรที่ให้สีแดง เพื่อใช้แทนการเติมไนเตรตหรือไนไตรต์ พบว่าไม่สามารถยับยั้งหรือกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่อาจปนเปื้อนมากับวัตถุดิบในการผลิตแฮมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในการนำผลการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้ในการผลิตแฮมสมุนไพร ควรมีการศึกษาต่อยอดโดยการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น (starter culture) ร่วมกับการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีความถูกต้องตามหลักสุขอนามัย ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่อาจช่วยลดการใช้สารไนเตรตและไนไตรต์ในกระบวนการผลิตแฮมหมูในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม สำนักงานนโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม แห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2560 ภายใต้โครงการ Talent Mobility

เอกสารอ้างอิง

- สุชาติ ไชยสวัสดิ์, อรวี ดีรัมย์, สุรัชย์ แก้วบุญเรือง, ภาณุ พลายนัว, จุฑาทิพย์ พนาปิยะสกุลไชย, อรพรรณ นาสะ กาด, และ ทศนีย์ มหาอด. (2550). *การศึกษาฤทธิ์ยับยั้ง เชื้อก่อโรคอาหารเป็นพิษในหมึกโดยใช้สมุนไพรในครัวเรือน*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 1219/2547 เรื่องหมึก*. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. (2558). *เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์ในอุตสาหกรรม เนื้อสัตว์* (พิมพ์ครั้งที่ 1). โอเดียนสโตร์.
- นรากร ศรีสุข และ ศนิ จิระสถิตย์. (2564). ผลิตภัณฑ์หมึก ที่ผลิตโดยภูมิปัญญาชาวบ้าน จังหวัดฉะเชิงเทรา และ ผลการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ระหว่างการหมัก. *วารสารราชชนก*, 18(2), 23–28.
- วิรัตน์ สุมณ, ทิพย์มนต์ ไยเกษ, และ ญญาพร สุมณ. (2560). *หมึกสีแดงจากสีน้ำครั่ง*. นิทรรศการผลงานนวัตกรรม งานเกษตรแฟร์ประจำปี 2560 ศาสตร์แห่งแผ่นดิน ทำกิน ตามคำพ่อสอน (27 ม.ค. – 4 ก.พ. 2560). สถาบันวิจัย และพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Adams, M. R., & Moss, M. O. (2008). *Food microbiology* (3rd ed.). Cambridge: RSC Publishing.
- AOAC. (2000). *Official method of analysis of AOAC International* (17th ed.). The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.
- Avirutnant, W., & Pongpan, A. (1983). The antimicrobial activity of some Thai flowers and plants. *Mahidol University Journal of Pharmaceutical Sciences*, 10, 81–86.
- Azu, N. C., & Onyeagba, R. A. (2007). Antimicrobial properties of extracts of *Allium cepa* (onions) and *Zingiber officinale* (ginger) on *Escherichia coli*, *Salmonella typhi* and *Bacillus subtilis*. *Journal of Tropical Medicine*, 3, 351–372.
- Gelinski, J. M. L. N., Baratto, C. M., Casagrande, M., de Oliveira, T. P., Megiolaro, F., de Martini Soares, F. A. S., de Souza, E. M. B., Vicente, V. A., & Fonseca, G. G. (2019). Control of pathogens in fresh pork sausage by inclusion of *Lactobacillus sakei* BAS0117. *Canadian Journal of Microbiology*, 65, 831–841.
- International Organization for Standardization. (2007). ISO6579:2002/Amd 1:2007 detection of *Salmonella* spp. in animal faeces and in environmental samples from the primary production stage, amendment 1, annex D. In *Microbiology of food and animal feeding stuffs: Horizontal method for the detection of Salmonella spp.* (4th ed., pp. 1–9). Geneva, Switzerland.
- Janiszewska-Turak, E., Walczak, M., Rybak, K., Pobiega, K., Gniewosz, M., Wozniak, L., & Witrowa-Rajchert, D. (2022). Influence of fermentation beetroot juice process on the physico-chemical properties of spray dried powder. *Molecules*, 27, 1008. <https://doi.org/10.3390/molecules27031008>
- Jimtaisong, A., Janthadee, R., & Nakrit, T. (2013). In vitro antioxidant activities of laccic acids and its aluminum lake. *Food Science and Biotechnology*, 22(4), 1055–1061.
- Mao, Q. Q., Xu, X. Y., Cao, S. Y., Gan, R. Y., Corke, H., Beta, T., & Li, H. B. (2019). Bioactive compounds and bioactivities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Food*, 8(6), 185. <https://doi.org/10.3390/foods8060185>
- Osiriphun, S., Pongpoolponsak, A., & Tuitemwong, K. (2004). Quantitative risk assessment of *Salmonella* spp. in fermented pork sausage (Nham). *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 38, 52–65.
- Sayago-Ayerdi, S. G., Arranz, S., Serrano, J., & Goni, I. (2007). Dietary fiber content and associated antioxidant compounds in roselle flower (*Hibiscus sabdariffa* L.) beverage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 7886–7890.
- Shiva Rani, S. K., Saxena, N., & Udaysree, N. (2013). Antimicrobial activity of black pepper (*Piper nigrum* L.). *Global Journal of Pharmacology*, 7, 87–90.
- Sirotamarat, S. (2005). Potential of medicinal plants and herbal tea products for antibacterial activity against diarrheal bacteria. *Thai Journal of Pharmaceutical Sciences*, 29, 82.
- Ungphaiboon, S., Supavita, T., Singchangchai, P., Sungkarak, S., Rattanasuwan, P., & Itharat, A. (2005). Study on antioxidant and antimicrobial activities of turmeric clear liquid soap for wound treatment of HIV patients. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 27(2), 569–578.