

การศึกษาลักษณะทางกายภาพ-เคมี และจุลินทรีย์จากน้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุก

Study of Physical-Chemical Characteristics and Microorganisms from the Fermented Juice of *Mangifera Indica* L.

ปฐมา แทนนาค*, ภาวิณี จำปาคำ, ไยโหม ช่วยหนู, ธรรมรัช แสงงาม,
วันวิสาข์ วัฒนะพันธ์ศักดิ์ และ ศศิธร นาคทอง

Pathama Thannark*, Phawinee Jampakam, Yaimai Chuaynoo,
Thamthawat Seangngam, Wanwisa Wattanapunsak and Sasitorn Nakthong

คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus

E-mail : fagrpat@ku.ac.th*, fagrpnj@ku.ac.th, fagrymc@ku.ac.th, fagrtms@ku.ac.th,
fagrwiw@ku.ac.th and agrsas@ku.ac.th

*Corresponding author

(Received: 27 March 2025, Revised: 17 June 2025, Accepted: 18 June 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2025.1068>

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุก เพื่อนำไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารเสริมทางด้านปศุสัตว์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มการทดลองๆ ละ 2 ซ้ำ ได้แก่ น้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุก วันที่ 0 วัน (กลุ่มการทดลองที่ 1) น้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุก วันที่ 7 วัน (กลุ่มการทดลองที่ 2) น้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุก วันที่ 14 วัน (กลุ่มการทดลองที่ 3) น้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุก วันที่ 21 วัน (กลุ่มการทดลองที่ 4) และ น้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุก วันที่ 28 วัน (กลุ่มการทดลองที่ 5) พบว่า ปริมาณกรดแลคติก, ความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณเบต้า-แคโรทีน และค่าสีของแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุกที่ระยะเวลาการหมักที่ 7-28 วัน มีปริมาณกรดแลคติก จุลินทรีย์ทั้งหมด และแลคติกแอซิดแบคทีเรียเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณเบต้า-แคโรทีน และ *Bacillus spp.* มีปริมาณสูงที่สุดในวันที่ 7 และลดปริมาณลงตามอายุการหมัก

คำสำคัญ: มะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุก น้ำหมัก

Abstract

This experiment aimed to study of fermented juice from *Mangifera indica* L to be used as a dietary supplement for livestock. All treatments were assigned in a completely randomized design (CRD) consisted of 5 treatments with 2 replicates per treatment including fermented juice from *Mangifera indica* L. at 0 day (T1), fermented juice from *Mangifera indica* L. at 7 days (T2), fermented juice from *Mangifera indica* L. at 14 days (T3), fermented juice from *Mangifera indica* L. at 21 days (T4) and fermented juice from *Mangifera indica* L. at 28 days (T5). The study was examined the lactic acid content, pH, beta-carotene content and color value of each experimental group were significantly different ($P < 0.05$). Fermented juice from *Mangifera indica* L. at fermentation period of 7-28 days had increased amounts of lactic acid, total microorganisms and lactic acid bacteria. The content of beta-carotene and *Bacillus spp.* was highest on day 7 and decreased with age of fermentation.

Keywords: *Mangifera indica* L., Fermentation

บทนำ

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mangifera indica* L. อยู่ในวงศ์ *Anacardiaceae* เป็นพันธุ์มะม่วงที่ได้รับความนิยมบริโภคทั้งในประเทศ และส่งออกต่างประเทศ สำหรับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดนครปฐม ราชบุรี และ สุพรรณบุรี ซึ่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผลิตได้จะถูกคัดเลือกจากรูปลักษณ์ ผิว ขนาดที่มีความสมบูรณ์ เพื่อส่งขายในตลาด ส่วนที่มีตำหนิจะถูกคัดออก เพื่อนำมาแปรรูป หรือ ใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ หรือ คัดทิ้งเป็นขยะทางการเกษตร จากการศึกษาของ Thaworncharoen et al. (2024) พบว่า ในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้งในเปลือกและในเนื้อมีวิตามินซี ฟีนอลิก ทั้งหมด สารต้านอนุมูลอิสระ และเบต้าแคโรทีน โดยพบว่าในเปลือกมะม่วงมีแนวโน้มมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเนื้อมะม่วงผลสุก และในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองยังมีเบต้าแคโรทีนสูงรองจากมะม่วงสายพันธุ์ทองดำ ซึ่งเบต้าแคโรทีนเป็นวิตามินชนิดหนึ่งจัดเป็นกลุ่มรงควัตถุ (Pigment) ที่มีสีส้ม สีเหลือง อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) และเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ (pro vitamin A) ซึ่งแคโรทีนอยด์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายของสัตว์ปีก การผลิตไข่และน้ำหนั และลดอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัตัว (FCR) (Milani et al., 2017) แคโรทีนอยด์ยังช่วยปรับปรุงสีของไข่แดงได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีบทบาทในการทำงานของดวงตา ภูมิคุ้มกัน การทำงานของสมอง การซ่อมแซมเนื้อเยื่อ และการย่อยโปรตีน (Brossaud et al., 2017) จากคุณประโยชน์ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีสารสำคัญที่มีประโยชน์ และสามารถนำมาใช้ในรูปแบบสารเสริมในสัตว์ได้ จึงนำมาผ่านกระบวนการหมัก เพื่อให้กลุ่มจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย ราและยีสต์ ช่วยย่อยสลายและปลดปล่อยสารออกมาในรูปของกรดอะมิโน กรดอินทรีย์ ธาตุอาหาร ฮอร์โมน เอนไซม์ ที่สามารถดูดซึม และนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยจากการศึกษาของ Dewi et al. (2021) ศึกษาการ

เสริมน้ำหมักจากเปลือกแก้วมังกรในนกระหา พบว่า การเสริมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ 1% และ 3% ในน้ำมีผลต่อประสิทธิภาพและผลผลิตของการผลิตไข่ (คุณภาพไข่) เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า กระบวนการหมักผลไม้สามารถใช้เป็นอาหารเสริมตามธรรมชาติให้กับสัตว์ เพื่อปรับปรุงการผลิตได้ ดังนั้นผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาน้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านปศุสัตว์ต่อไป

ระเบียบวิธีวิจัย

การเตรียมตัวอย่างน้ำหมักผลไม้จากมะม่วงน้ำดอกไม้สุก

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 5 กลุ่มการทดลอง ๆ ละ 2 ซ้ำ คือ น้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก วันที่ 0 วัน (กลุ่มการทดลองที่ 1) น้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก วันที่ 7 วัน (กลุ่มการทดลองที่ 2) น้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก วันที่ 14 วัน (กลุ่มการทดลองที่ 3) น้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก วันที่ 21 วัน (กลุ่มการทดลองที่ 4) และ น้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก วันที่ 28 วัน (กลุ่มการทดลองที่ 5) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ตลาดสดกำแพงแสน โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 1,500 กรัม หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด (2-3 เซนติเมตร) รวมเปลือก และเมล็ด แต่เมล็ดไม่ต้องหั่น ใส่โหลแก้วขนาดบรรจุ 15,000 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลทรายแดง 500 กรัม และน้ำกลั่นประมาณ 5,000 กรัม คนผสมให้น้ำตาลทรายแดงละลายและเข้ากันดี ปิดฝาให้แน่น แล้วบ่มทิ้งไว้ในสภาพไร้อากาศ ณ อุณหภูมิห้องประมาณ 30 องศาเซลเซียส เปิดฝาเพื่อระบายแก๊ส และคนผสมทุก ๆ 2 วัน และสุ่มตัดตัวอย่างมากรองด้วยหม้อกรองแก้วใส เพื่อนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ ณ วันที่ต่าง ๆ ได้แก่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน (Khannunthong & Thammanamuang., 2007) โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการคนผสม และอุปกรณ์ที่เก็บตัวอย่างผ่านการฆ่าเชื้อด้วยสเปรย์แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

ศึกษาปริมาณความหวาน/ปริมาณน้ำตาลในของเหลว (° Brix หรือองศาบริกซ์)

นำของเหลวที่ได้จากการกรอง ณ วันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน วัดปริมาณความหวาน/ปริมาณน้ำตาลในของเหลว (° Brix หรือองศาบริกซ์) ด้วย hand refractometer รุ่น 0-32 ° Brix with ATC (HRB-32ATC)

ศึกษาปริมาณกรดแลคติก

โดยปิเปตของเหลวที่ได้จากการกรอง ณ วันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน จำนวน 2 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 100 มิลลิลิตร เติมนิฮาลฟทาลีน จำนวน 5 มิลลิลิตร และทำการไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล ทำการจดบันทึกปริมาณที่ใช้ในการไตเตรทเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก (AOAC, 1990)

ศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง

นำของเหลวที่ได้จากการกรอง ณ วันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน วัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH-meter (รุ่น AD31-Ec/TDS)

ศึกษาค่าสี CIE L* a* b*

นำของเหลวสีที่ได้จากการกรอง ณ วันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน วัดค่าสีด้วยเครื่อง MiniScan by Hunter Lab, USA

ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

นำของเหลวสีที่ได้จากการกรอง ณ วันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ด้วยวิธี Microbiology of the food chain — Horizontal method for the enumeration of microorganisms (ISO4833-1:2013)

ศึกษาปริมาณเบต้าแคโรทีนด้วยวิธี HPLC In-house method based on modified (Chen et al., 2024)

นำของเหลวสีที่ได้จากการกรอง 20 มิลลิลิตร สกัดเบต้าแคโรทีนด้วยคลอโรฟอร์มและเมทานอลในอัตราส่วน 2:1 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ในกรวยแยกเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์อิ่มตัว 5 มิลลิลิตร เขย่าประมาณ 100 ครั้งและตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น เก็บชั้นคลอโรฟอร์มด้านล่าง สารละลายด้านบนสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง เก็บชั้นคลอโรฟอร์มรวมกัน กรองผ่าน Na_2SO_4 เพื่อกำจัดน้ำที่เหลือออก จากนั้นระเหยแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator นำตัวอย่างมาละลายด้วย mobile phase A:B (1:1) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรจากนั้นนำมากรองผ่านตัวกรองชนิดไนลอน ขนาดรูพรุน 0.22 ไมครอน ในสภาวะการวิเคราะห์ : คอลัมน์ YMC Carotenoid C30 (250×4.6 mm i.d., 5 ไมครเมตร) เฟสเคลื่อนที่ สารละลาย A (MeOH/H₂O(97/3(v/v)), 0.05M ammonium acetate, 0.1% BHT สารละลาย B (tert-Butyl-Methyl-ether, 0.1% BHT)

ศึกษาปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก

นำของเหลวสีที่ได้จากการกรอง ณ วันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน มาเจือจางที่ 10^{-2} , 10^{-4} , 10^{-6} และ 10^{-8} โดยทำการปิเปต 1 มิลลิลิตรของตัวอย่างและ 0.85% Sterile NaCl ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ดูดสารละลายตัวอย่างความเข้มข้นที่ต้องการใส่ในจานอาหารที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ (*Lactobacillus* MRS agar) เติมแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30°C ในสภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง หลังจากนั้นสังเกตโคโลนีสีที่โชนใสบนผิวอาหาร ทำการสุมย้อมติดสีม่วง รูปร่างท่อน บันทึกผลและคำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เป็น Colony forming unit/milliliter (CFU/ml) (Kozaki et al., 1992)

ศึกษาปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus spp.*

นำของเหลวสีที่ได้จากการกรอง ณ วันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน วิเคราะห์ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus spp.* ด้วยวิธี Bergey's Manual of systematic bacteriology, volume 2 (Buchanan et al., 1986) and compendium of methods for the microbiological examination of foods (APHA) edition (2015) โดยการวิเคราะห์จำนวน *Bacillus spp.* ทั้งหมดจากการให้ความร้อนตัวอย่างที่ 80 °C นาน 10 นาที หลังจากนั้นเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างอาหาร Plate count agar (PCA) บ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ วิธีการวิเคราะห์ใช้การให้ความร้อนกับตัวอย่าง ที่ 80°C นาน 10 นาที แบคทีเรียที่เหลืออยู่จากการให้ความร้อนจะเป็นพวกที่

สร้าง Endospore ซึ่งได้แก่เชื้อในกลุ่ม Bacillus และ Clostridium ซึ่งเมื่อนำมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อบ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมงจะเป็นสภาวะของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศ (aerobic) เจริญได้ซึ่งจะไม่ใช้กลุ่ม Clostridium ที่เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ (anaerobic) บันทึกและรายงานผลจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เป็น Colony forming unit/milliliter (CFU/ml)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ ด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (R Core Team, 2023; Jompuk, 2012)

ผลการวิจัย

ลักษณะทางกายภาพ-เคมี

ปริมาณน้ำตาลในของเหลว ($^{\circ}$ Brix หรือองศาบริกซ์) เป็นหน่วยวัดเพื่อระบุความเข้มข้นของน้ำตาลในสารละลาย เป็นการวัดเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของซูโครสในสารละลาย โดย 1 องศาบริกซ์เท่ากับซูโครส 1 กรัมต่อสารละลาย 100 กรัม จากการศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำตาลในของเหลวจากน้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้มีสทองสุกกลุ่มการทดลองที่ 1 ถึง กลุ่มการทดลองที่ 5 (วันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากปริมาณน้ำตาลที่เติมลงไป กับ น้ำตาลที่มีอยู่ในมะม่วงน้ำดอกไม้มีสทองไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำตาลในของเหลว และจากปริมาณค่าเฉลี่ยของน้ำตาลในของเหลวจากกระบวนการหมักมีปริมาณเพิ่มขึ้นในวันที่ 7 และลดลงในวันที่ 14, 21 และ 28 (Table 1)

ปริมาณกรดแลคติกจากการศึกษา พบว่า ปริมาณกรดแลคติกของน้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้มีสทองสุกในแต่ละกลุ่มการทดลอง (วันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 1) โดยปริมาณของกรดแลคติกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการหมักวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน โดยวันที่ 28 มีปริมาณกรดแลคติกสูงที่สุด และวันที่ 0 มีปริมาณกรดแลคติกน้อยที่สุด

ศึกษาความเป็นกรด-ด่าง (pH) จากการศึกษา พบว่า ค่า pH ลดลงในแต่ละกลุ่มการทดลอง โดยกลุ่มการทดลองที่ 1 (วันที่ 0) มีค่า pH สูงที่สุด และ กลุ่มการทดลองที่ 5 (วันที่ 28) ค่า pH ต่ำสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 1)

ศึกษาค่าสี CIE L^* a^* b^* จากการศึกษา พบว่า ค่า L^* เป็นค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 14.04 ถึง 25.58 ซึ่งในกลุ่มการทดลองที่ 1 ให้สีขาวสว่างน้อยที่สุด เมื่อผ่านกระบวนการหมักความขาวสว่างเพิ่มขึ้น โดยความขาวสว่างในกลุ่มการทดลองที่ 3 (วันที่ 14) มีค่าความขาวสว่างสูงที่สุด, ค่า a^* ค่าบ่งบอกความเป็นสีเขียว (-) และสีแดง (+) อยู่ในช่วง 0.61 ถึง 5.68 ซึ่งกลุ่มการทดลองที่ 1 ให้ค่าความเป็นสีแดงสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น และค่าความเป็นสีเหลือง b^* อยู่ในช่วง 17.03 ถึง 23.83 ในกลุ่มการทดลองที่ 1 (วันที่ 0) ให้ค่าความเป็นสีเหลืองสูงที่สุด ซึ่งค่าความเป็นสีแดง กับ ค่าความเป็นสีเหลืองลดลงในกลุ่มการ

ทดลองที่ 2 ถึง กลุ่มการทดลองที่ 5 (วันที่ 7, 14, 21 และ 28) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 1)

ปริมาณเบต้า-แคโรทีน (Beta-Carotene) จากการศึกษ พบว่า ปริมาณเบต้า-แคโรทีน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยปริมาณเบต้า-แคโรทีนอยู่ในช่วง 0.00-36.00 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งปริมาณเบต้า-แคโรทีน ในกลุ่มการทดลองที่ 2 (วันที่ 7) มีปริมาณเบต้า-แคโรทีนสูงที่สุด และกลุ่มการทดลองที่ 5 (วันที่ 28) ไม่พบปริมาณเบต้า-แคโรทีนในน้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุก (Table 1)

Table 1 Properties of fermented juice from *Mangifera indica* L.at 0, 7, 14, 21 and 28 days

Parameter	Treatments					P-value	CV
	T1	T2	T3	T4	T5		
° Brix ^{ns}	8.90±0.11	10.05±0.75	9.45±0.86	9.00±1.15	8.90±1.27	0.37	9.99
Lactic acid (%)	0.20±0.00 ^d	0.95±0.13 ^c	1.70±0.25 ^b	1.98±0.51 ^b	2.75±0.19 ^a	0.00	18.26
pH value	4.65±0.06 ^a	3.59±0.27 ^b	3.15±0.02 ^c	2.95±0.15 ^c	2.89±0.19 ^c	0.00	4.86
Beta-Carotene (mg/liter)	22.00±0.00 ^b	36.00±0.00 ^a	14.00±0.00 ^{bc}	21.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^c	0.00	26.72
Color							
L*	14.04±0.94 ^c	24.09±0.81 ^b	25.58±1.48 ^a	24.05±1.41 ^b	23.92±0.20 ^b	0.00	15.28
a*	5.68±1.08 ^a	1.10±0.48 ^{bc}	0.61±0.22 ^c	1.24±0.42 ^{bc}	1.49±0.44 ^b	0.00	78.55
b*	23.83±1.51 ^a	17.09±1.81 ^b	17.03±1.91 ^b	18.00±1.44 ^b	17.91±1.10 ^b	0.00	13.81

Different (^{a, b or c}) after the means within a row indicate significant difference among treatments ($P<0.05$)

T1: fermented juice from *Mangifera indica* L.at 0 day, T2: fermented juice from *Mangifera indica* L.at 7 days, T3: fermented juice from *Mangifera indica* L.at 14 days, T4: fermented juice from *Mangifera indica* L.at 21 days and T5: fermented juice from *Mangifera indica* L.at 28 days.

จากการสังเกตสีของน้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุกในแต่ละกลุ่มการทดลอง (วันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน) เมื่อมองด้วยตาเปล่า สีของน้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้มือสุกเป็นเป็นเหลืองใสในวันที่ 0 และสีเข้มขึ้นขึ้นตามอายุการหมัก และมีตะกอนขนาดเล็กที่หลุดรอดผ่านตะแกรงกรองออกมา โดยตะกอนจะเพิ่มขึ้นตามอายุการหมัก (Figure 1)

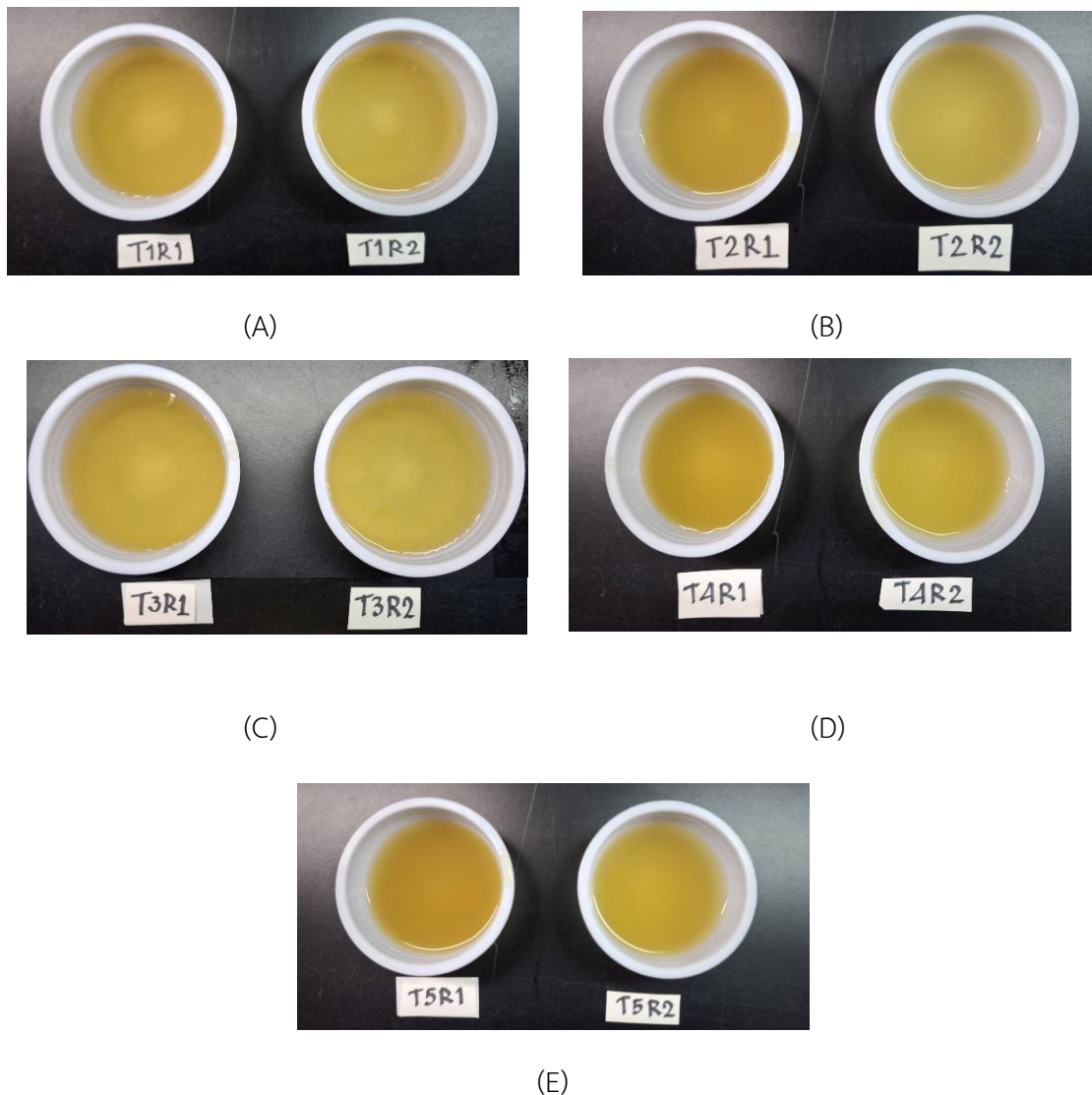


Figure 1 fermented juice from *Mangifera indica* L. at 0, 7, 14, 21 and 28 days.

(A): fermented juice from *Mangifera indica* L. at 0 day, (B): fermented juice from *Mangifera indica* L. at 7 days, (C): fermented juice from *Mangifera indica* L. at 14 days, (D): fermented juice from *Mangifera indica* L. at 21 days and (E): fermented juice from *Mangifera indica* L. at 28 days

ปริมาณจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) จากการศึกษ พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามอายุการหมักมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก โดยเพิ่มขึ้นในวันที่ 7, 14 และ 28 และมีปริมาณลดลงเล็กน้อยในวันที่ 21 (Table 2) ซึ่งวันที่ค่าเฉลี่ยของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงที่สุด คือ วันที่ 7 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวน 3.15×10^7 cfu/ml และวันที่ค่าเฉลี่ยของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด คือ วันที่ 0 จำนวน 3.50×10^5 cfu/ml

ปริมาณแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria) จากการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณปริมาณแลคติกแอซิดแบคทีเรียในน้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุก มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการหมัก โดยมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 14, 21 และ 28 ตามลำดับ (Table 2)

ปริมาณ *Bacillus spp.* จากผลการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณ *Bacillus spp.* มีปริมาณสูงที่สุดในวันที่ 7 หลังจากกระบวนการหมัก และอยู่ในระดับคงที่ ในวันที่ 14, 21 และ 28 และเมื่อสังเกตกระบวนการเจริญเติบโตของปริมาณแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria) พบว่า มีปริมาณเพิ่มขึ้นในวันที่ 14, 21 และ 28 รวมถึง ค่า pH ลดลง เป็นความสัมพันธ์ของแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria) และ *Bacillus spp.*

Table 2 Microorganisms of fermented juice from *Mangifera indica* L.at 0, 7, 14, 21 and 28 days

Parameter	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Total plate count (cfu/ml)	3.50×10^5	3.15×10^7	2.80×10^7	6.65×10^6	2.85×10^7
Lactic acid bacteria (cfu/ml)	<10	<10	1.00×10^4	4.98×10^6	9.5×10^6
<i>Bacillus spp.</i> (cfu/ml)	5.50	11.50	2.50	4.00	3.00

T1: fermented juice from *Mangifera indica* L.at 0 day, T2: fermented juice from *Mangifera indica* L.at 7 days, T3: fermented juice from *Mangifera indica* L.at 14 days, T4: fermented juice from *Mangifera indica* L.at 21 days and T5: fermented juice from *Mangifera indica* L.at 28 days

การอภิปรายผล

ปริมาณน้ำตาลในของเหลว (° Brix หรือองศาบริกซ์) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่ผ่านกระบวนการหมักเพิ่มขึ้นในวันที่ 7 และลดลงในวันที่ 14, 21 และ 28 เนื่องจากกระบวนการทางชีวเคมีที่จุลินทรีย์ เช่น ยีสต์หรือแบคทีเรียใช้น้ำตาลในการสร้างพลังงานหรือผลิตสารอื่น ๆ เช่น แอลกอฮอล์ กรด หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยน้ำตาลจะถูกย่อยและลดปริมาณลง (Nelson & Cox., 2017) สอดคล้องกับการทดลองของ Ramalingam et al. (2022) ศึกษาความสุกของผลไม้ และระยะเวลาการหมักต่อคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ การทำงาน และจุลินทรีย์ของน้ำเชื่อม *Prunus mume* (maesil) ในช่วงระยะเวลาการหมัก 1 ปี พบว่า ปริมาณน้ำตาลในของเหลว (°Brix) ลดลงตามระยะเวลาในการหมัก โดยปริมาณน้ำตาลในของเหลวลดลงต่ำสุดในกลุ่มการทดลองของน้ำเชื่อม *Prunus mume* (maesil) ดิบเมื่อระยะเวลาการหมักครบ 1 ปี เนื่องจากผล *Prunus mume* (maesil) มีกรดอินทรีย์โดยเฉพาะกรดซิตริกและกรดมาลิก (Kang et al., 2020; Kim et al., 2016) ซึ่งกรดอินทรีย์เหล่านี้ทำให้เกิดการไฮโดรไลซิสของน้ำตาลและสร้างสารประกอบของกรดมาลิกและกรดซิตริกพร้อมกับน้ำตาลที่ผ่านการไฮโดรไลซิส (Shalaev & Zograf, 2000) ส่งผลทำให้ปริมาณ

น้ำตาลในของเหลวลดลง แต่ปริมาณของกรดแลคติกเพิ่มขึ้นจากกระบวนการทำงานของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะแบคทีเรียกลุ่มแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (Lactic Acid Bacteria: LAB) ที่สามารถเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสในน้ำตาลทรายแดง และน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส และซูโครสในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสุกให้กลายเป็นกรดแลคติกผ่านกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Fermentation) (Gänzle, 2015) สอดคล้องกับการทดลองของ Saenphoom et al., (2021) ศึกษา น้ำพีชหมักจากเปลือกตาล พบว่า น้ำพีชหมักจากเปลือกตาลที่เติมกากน้ำตาลมีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นจะอยู่กับจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก โดยกระบวนการหมักผลไม้ไม่มีจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกอยู่ในวัตถุดิบตามธรรมชาติ เช่น *Lactobacillus* spp., *Leuconostoc* spp., *Pediococcus* spp., *Weissella* spp., *Fructobacillus* spp., and *Enterococcus* spp. ภายใต้สภาวะไร้อากาศที่มีความเหมาะสม ค่า a_w ความเข้มข้นของเกลือ และอุณหภูมิ กรดแลคติกที่เกิดจากกระบวนการหมักให้ผลดี และมีความปลอดภัยสูง เนื่องจากการเกิดกรดอินทรีย์ (กรดแลคติก กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก กรดโพรพิโอนิก เป็นต้น) เอทานอล สารต้านจุลินทรีย์ และช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการในอาหาร (Bourdichon et al., 2012) โดยค่าความเป็นกรด ส่งผลต่อค่า pH เมื่อปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นทำให้ค่า pH ลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Laophongphit et al., (2024) ศึกษาการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติของเนื้อมะม่วงผ่านการหมักแบคทีเรียกรดแลคติก พบว่า หลังจากกระบวนการเติมเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียผ่านไป 24 ชั่วโมง ส่งผลทำให้ ค่า pH ลดลง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากค่า pH ที่ลดลง ทำให้ปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นจาก 0.48% เป็น 0.72% การลดลงของค่า pH และการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแลคติกส่งผลต่อกลิ่นและรสชาติของมะม่วงหมัก และมีประโยชน์ต่อการถนอมอาหาร

มะม่วงมีสารสีแดงและสารสีเหลืองมาจากแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) และ แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) ซึ่งกระบวนการหมักมีจุลินทรีย์ และเอนไซม์ที่สามารถเร่งการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานินได้ โดยเฉพาะในสภาวะที่มีแสงมาก (Kapoor et al., 2022) และเอนไซม์ในมะม่วง เช่น โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างหมัก อาจส่งผลต่อสารสี ทำให้สารสีแดงตัวหรือเปลี่ยนรูปแบบ (Castañeda-Ovando et al., 2009) สอดคล้องกับการทดลองของ Cele et al., (2022) ศึกษาผลของสายพันธุ์แบคทีเรียกรดแลคติกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ สารประกอบเชิงหน้าที่ และสารประกอบระเหยของน้ำมะม่วงจากพันธุ์ต่าง ๆ ในระหว่างการหมัก พบว่า น้ำมะม่วงที่มีการเติมจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกสายพันธุ์ *Ltp. plantarum* (L75) *Leu. pseudomesenteroides* (L56) และ ทั้ง 2 สายพันธุ์รวมกัน มีค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองลดลง อาจเกิดจากความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นของน้ำหมักซึ่งช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) และในส่วนของน้ำหมักมะม่วงที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ เมื่อผ่านการหมักไป 24 ชั่วโมง พบว่า ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) เนื่องจากเอนไซม์ทำให้น้ำมะม่วงเป็นสีน้ำตาล อย่างไรก็ตามการเกิดแอลกอฮอล์และกรดอินทรีย์เนื่องมาจากการไฮโดรไลซิสของน้ำตาลอิสระโดย Lactic acid bacteria อาจช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ได้ (Gong et al., 2019) และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับ

ปริมาณเบต้า-แคโรทีน ได้แก่ ในกระบวนการหมักอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของเบต้า-แคโรทีน เนื่องจากการสลายตัวจากการสัมผัสออกซิเจนหรือแสง กลุ่มของจุลินทรีย์บางชนิดที่มีเอนไซม์ในการเร่งการสลายตัวของเบต้า-แคโรทีน ค่า pH ที่อยู่ในระดับที่เป็นกรดส่งผลต่อโครงสร้างของเบต้า-แคโรทีนและความคงตัวของสารประกอบในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Bhatt et al., 2013) และกระบวนการหมักที่เกิดแอลกอฮอล์ส่งผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ จากงานวิจัยของ Escudero-López et al. (2016) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของแอนโทไซยานินในน้ำส้ม พบแคโรทีนอยด์ จำนวน 22 ชนิด และพบการเพิ่มขึ้นของปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (5.37–6.65 มก./ล.) และโปรวิตามินเอ (75.32–90.57 เรตินอลแอกทิเวชันเอควิวีตี (RAEs)/ล.) ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 15 ตามลำดับ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของแคโรทีนอยด์เกิดจากกระบวนการหมัก ช่วยให้แคโรทีนอยด์ถูกปลดปล่อยออกมาได้ง่ายขึ้น

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์เป็นไปตามความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์และระยะการหมัก เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มากับวัตถุดิบเริ่มปรับตัวกับสภาพแวดล้อมและเพิ่มจำนวนอย่างช้า ๆ หลังจากนั้นจุลินทรีย์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (log phase) และจำนวนจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก และเมื่อถึงจุดที่ทรัพยากรหมดหรือมีสารยับยั้งการเจริญเติบโต (stationary phase) ทำให้การเพิ่มจำนวนลดลง (Ward & Singh, 2017) สอดคล้องกับการทดลองของ Dhillon et al., (2021) ศึกษาการเตรียมน้ำมะม่วงโปรไบโอติกที่เสริมด้วย *Lactobacillus acidophilus* พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำมะม่วงเสริมโปรไบโอติกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยวันที่ 0 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวน $1.021 \pm 0.012 \log \text{CFU ml}^{-1}$ และในวันที่ 28 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวน $3.682 \pm 0.009 \log \text{CFU ml}^{-1}$ และเพิ่มสูงขึ้นสูงที่สุดในวันที่ 42 จำนวน $4.401 \pm 0.018 \log \text{CFU ml}^{-1}$ เช่นเดียวกับ Khanunthong and Thamnamuang (2007) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียในกระบวนการหมักน้ำสักดชีวภาพ และผลของน้ำสักดชีวภาพต่อการยับยั้งแบคทีเรียโรคพืช พบว่า ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในอาหาร NA จากกระบวนการหมักน้ำสักดชีวภาพ ที่ใช้วัตถุดิบจากผักและผลไม้ร่วมกับกากน้ำตาล หมักในสภาพให้อากาศและ ไม่ให้อากาศระยะเวลา 28 วัน พบว่า ปริมาณ แบคทีเรียทั้งหมดในอาหาร NA มีปริมาณเพิ่มขึ้นสูงสุดหลังการหมัก 7 วัน

ปริมาณแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่เพิ่มขึ้น แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะเริ่มต้น (Initial Phase) ซึ่งมีจุลินทรีย์หลายชนิดที่เติบโตอยู่ร่วมกัน แต่แลคติกแอซิดแบคทีเรียอาจยังมีปริมาณน้อย เนื่องจากต้องปรับตัวต่อสภาพแวดล้อม เช่น ค่า pH, ออกซิเจน, และสารอาหาร โดยจำนวนแลคติกแอซิดแบคทีเรียในน้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองสุก วันที่ 0 ถึงวันที่ 7 มีปริมาณน้อยกว่า 10 cfu/ml แต่เมื่อกระบวนการหมักผ่านไป 14 วัน ปริมาณแลคติกแอซิดแบคทีเรียเพิ่มขึ้น $1.00 \times 10^4 \text{ cfu/ml}$ เข้าสู่ระยะที่ 2 ระยะเพิ่มจำนวน (Exponential Growth Phase) เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม เช่น pH เริ่มลดลงจากการผลิตกรด สอดคล้องกับค่า pH ที่ลดลงในวันที่ 14 (Table1) โดยค่า pH ลดลง จาก 4.65 (วันที่ 0) เหลือ 3.15 (วันที่ 14) และลดลงเรื่อย ๆ ตามอายุการหมัก ซึ่งแลคติกแอซิดแบคทีเรียจะเติบโตและเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในสภาพที่มีน้ำตาลหรือคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงาน และเมื่อระยะเวลาการหมักผ่านไปจนถึงวันที่ 21 และวันที่ 28 จะเข้าสู่ระยะที่ 3 ระยะคงตัว (Stationary Phase) เมื่อกระบวนการหมักดำเนินไป ค่า pH ลดลง

จนถึงระดับที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแบคทีเรียกลุ่มนี้ การเติบโตของแลคติกแอซิดแบคทีเรียจะช้าลง แต่ยังคงอยู่ในระดับที่เสถียร และในระยะที่ 4 ระยะย่ำแย่ (Decline Phase) เมื่อหมักเป็นระยะเวลานาน อาหารหรือน้ำตาลที่เป็นแหล่งพลังงานเริ่มหมดลง ทำให้แบคทีเรียบางส่วนตายหรือหยุดเจริญเติบโต แต่ปริมาณกรดแลคติกที่สะสมจะยังคงรักษาสภาพหมักไว้ (Tamang & Fleet, 2009) สอดคล้องกับการทดลองของ Mandha et al., (2022) ศึกษาผลของกระบวนการหมักกรดแลคติกต่อสารระเหยและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะม่วง (*Mangifera indica*) โดยการนำมะม่วงมาล้าง สับผสมเพื่อให้ได้น้ำมะม่วงโดยไม่ต้องเติมน้ำจากนั้นนำน้ำมะม่วงที่ได้ไป homogenized และพาสเจอร์ไรส์ และมีการเติมจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก ผลการทดลอง พบว่า จำนวนของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกในน้ำมะม่วงหลังการหมัก 24 ชั่วโมง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านไป 24 ชั่วโมงในกลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกทุกสายพันธุ์ โดยแบคทีเรียกรดแลคติกเจริญเติบโตและอยู่รอดในน้ำมะม่วง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสารอาหาร (คาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์ วิตามิน และแร่ธาตุ) ในมะม่วงที่เป็นแหล่งพลังงาน การศึกษาวิจัยอื่นๆ แสดงให้เห็นว่ามะม่วงเป็นแหล่งของสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติก (Jin et al., 2019) *Bacillus spp.* เป็นแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมัก เนื่องจาก *Bacillus spp.* สามารถผลิตเอนไซม์ เช่น อะไมเลส (Amylase) และโปรตีเอส (Protease) ในการย่อยแป้ง และโปรตีนในอาหาร และในบางกลุ่มสายพันธุ์ส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ การวิเคราะห์ปริมาณ *Bacillus spp.* ในน้ำหมักมะม่วงน้ำดอกไม้อีสทองสุกจึงเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการนำไปใช้สำหรับปศุสัตว์ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ การเปลี่ยนแปลงค่า pH เนื่องจาก *Bacillus spp.* เป็นแบคทีเรียที่ไม่ทนกรด ส่วนแลคติกแอซิดแบคทีเรียทนต่อสภาพกรดได้ดีกว่าและเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่มี pH ต่ำ เมื่อแลคติกแอซิดแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีกว่าในสภาวะที่ค่า pH ต่ำ จะทำให้ *Bacillus spp.* ลดจำนวนลงเนื่องจากขาดแหล่งอาหาร แลคติกแอซิดแบคทีเรียอาจผลิตสารต้านจุลินทรีย์ เช่น แบคเทอริโอซิน (Bacteriocins) หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Bacillus spp.* (Marco et al., 2017) และตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 416) พ.ศ. 2563 เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค พบประกาศตามมาตรฐานอาหารพร้อมบริโภคในหมวด ผัก ผลไม้ ดอก ใช้อิม เชื้ออม กวนหรือแห้งต้องมีปริมาณ แบซิลลัส ซีเรียส (*Bacillus cereus*) ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม (CFU /g) ซึ่งจากผลการทดลองพบปริมาณ *Bacillus spp.* ไม่เกินเกณฑ์ตามมาตรฐานกำหนด ซึ่งมีความปลอดภัยสำหรับสัตว์ทดลอง

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

น้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้อีสทองสุกที่ระยะเวลาการหมักที่ 7-28 วัน มีปริมาณกรดแลคติก จุลินทรีย์ทั้งหมด และแลคติกแอซิดแบคทีเรียเพิ่มขึ้น แต่ค่า pH ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองลดลง ส่วนปริมาณเบต้า-แคโรทีน และ *Bacillus spp.* มีปริมาณสูงที่สุดในวันที่ 7 และลดปริมาณลงตามอายุการหมัก ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้น้ำหมักจากมะม่วงน้ำดอกไม้อีสทองสุก เพื่อเสริมให้กับปศุสัตว์ควรเลือกใช้ที่ระยะเวลา

การหมักที่ 7- 28 วัน โดยหลังการหมักที่ 7 วัน มีปริมาณเบต้า-แคโรทีน และ *Bacillus spp.* สูงที่สุด ซึ่งอาจช่วยในกระบวนการสร้างไข่ของสัตว์ปีก และช่วยย่อยอาหารในสัตว์ และระยะการหมักตั้งแต่วันที่ 8-28 วัน มีปริมาณกรดแลคติก จุลินทรีย์ทั้งหมด และแลคติกแอซิดแบคทีเรียเพิ่มขึ้น ซึ่งจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติกจัดเป็นโปรไบโอติก เป็นการเติมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหาร เป็นการเพิ่มความปลอดภัยในกระบวนการผลิตและเพิ่มความปลอดภัยของสินค้าปศุสัตว์

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน รหัสโครงการ KPS-RDI 2024-009 ทั้งนี้ขอขอบคุณคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เอื้อเฟื้อสถานที่ในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- American Public Health Association (APHA). (2015). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. (5th ed.). American Public Health Association.
- Bhatt, P. C., Ahmad, M., & Panda, B. P. (2013). Enhanced bioaccumulation of astaxanthin in *Phaffia rhodozyma* by utilising low-cost agro products as fermentation substrate. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2(1), 58–63. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2012.11.002>
- Bourdichon, F., Casaregola, S., Farrokh, C., Frisvad, J. C., Gerds, M. L., Hammes, W. P., Harnett, J., Huys, G., Laulund, S., & Ouwehand, A. (2012). Food fermentations: Microorganisms with technological beneficial use. *International Journal of Food Microbiology*, 154(3), 87–97. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.12.030>
- Brossaud, J., Pallet, V., & Corcuff, J. B. (2017). Vitamin A, endocrine tissues, and hormones: Interactions and cross-talk. *Endocrine Connections*, 6, R121–R130. Retrieved from <https://doi.org/10.1530/EC-17-0101>
- Buchanan, R. E., & Gibbons, N. E. (Eds.). (1986). *Bergey's manual of systematic bacteriology: Volume 2*. Williams & Wilkins.
- Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M. d. L., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A., & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113(4), 859–871. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>

- Cele, N. P., Akinola, S. A., Manhivi, V. E., Shoko, T., Remize, F., & Sivakumar, D. (2022). Influence of lactic acid bacterium strains on changes in quality, functional compounds and volatile compounds of mango juice from different cultivars during fermentation. *Foods*, 11(5), 682. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/foods11050682>
- Chen, H.-H., Wu, J.-X., Huang, R., Dai, J.-L., Liang, M.-H., & Jiang, J. (2024). Enhancing astaxanthin accumulation through the expression of the plant-derived astaxanthin biosynthetic pathway in *Dunaliella salina*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 211, 108697. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108697>
- Dewi, G. A. M. K., Umiarti, A. T., & Wirapatha, M. (2021). Impact of fermented dragon fruit peel (*Hylocereus sp.*) juice in drinking water on the performance and quality of Japanese quail eggs. In First Asian PGPR Indonesian Chapter International e-Conference 2021, Volume 2022 (pp. 240–250). Retrieved from <https://doi.org/10.18502/kl.v7i3.11127>
- Dhillon, H. S., Gill, M. S., Kocher, G. S., Panwar, H., & Arora, M. (2021). Preparation of *Lactobacillus acidophilus*-enriched probiotic mango juice. *Journal of Environmental Biology*, 42, 371–378. Retrieved from https://www.jeb.co.in/journal_issues/202103_mar21_spl/paper_06.pdf
- Escudero-López, B., Cerrillo, I., Gil-Izquierdo, Á., Hornero-Méndez, D., Herrero-Martín, G., & Berná, G. (2016). Effect of thermal processing on the profile of bioactive compounds and antioxidant capacity of fermented orange juice. *International Journal Food Research International*, 67(7), 779–788. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1204428>
- Gänzle, M. G. (2015). Lactic metabolism revisited: Metabolism of lactic acid bacteria in food fermentations and food spoilage. *Current Opinion in Food Science*, 2, 106–117. Retrieved from <https://doi.org/10.7939/r3-y86z-se75>
- Gong, Y., Wang, Q., Ma, S., Ma, Y., Meng, Q., Zhang, Z., & Shi, J. (2019). Short-time water immersion inhibits browning of fresh-cut potato by enhancing antioxidant capability and tyrosine scavenging. *Journal of Food Process and Preservation*, 43, e14168. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/jfpp.14168>

- Jin, X., Chen, W. W., Chen, H., Chen, W. W., & Zhong, Q. (2019). Combination of *Lactobacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae* DV10 as starter culture to produce mango slurry: Microbiological, chemical parameters and antioxidant activity. *Molecules*, 24(23), 4349. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/molecules24234349>
- Jompuk, C. (2012). *Statistics: Experimental design and Data Analysis in Plant Research with "R"*. (2nded.). Kasetsart University Press, Bangkok.
- Kang, H. K., Kang, H. R., Lee, Y. S., & Song, H. S. (2020). Characteristics of organic acid contents and fermentation solution of *Prunus mume* in South Korea. *Korean Journal of Polar Research*, 33(3), 194–199. Retrieved from <https://doi.org/10.7732/kjpr.2020.33.3.194>
- Kapoor, L., Simkin, A. J., Priya Doss, C. G., & Siva, R. (2022). Fruit ripening: Dynamics and integrated analysis of carotenoids and anthocyanins. *BioMed Central Plant Biology*, 22(27). Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03411-w>
- Khanunthong, W., & Thammnamuang, T. (2007). Changes in Bacteria During the Fermentation Process of Bio-extracts and the Effect of Bio-extracts on the Inhibition of Plant Pathogenic Bacteria. *Journal of Science Progress in the World*, 7(2), 63–70. Retrieved from <http://sci.bsru.ac.th/sciweb/e-magazine/7-2/chapter-9.pdf>
- Kim, D.-H., Bae, J. M., Park, J. J., Choi, J. H., Ku, K. H., & Lim, J.-H. (2016). Effect of 1-methylcyclopropene and ethylene-absorbent treatments on quality changes of *Prunus mume* fruit during storage. *Korean Journal of Food Preservation*, 23(4), 479–487. Retrieved from <https://doi.org/10.11002/kjfp.2016.23.4.479>
- Kozaki, M., T. Uchimura, & S. Okada. (1992). *Experimental Manual of Lactic acid bacteria. Asakurashoten*. Tokyo, Japan. Retrieved from <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=855440>
- Laophongphit, A., Wichiansri, S., Siripornadulsil, S., & Siripornadulsil, W. (2024). Enhancing the nutritional value and functional properties of mango pulp via lactic acid bacteria fermentation. *Food Science and Technology*, 197(1), 115878. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115878>
- Mandha, J., Shumoy, H., Devaere, J., Schouteten, J. J., Gellynck, X., De Winne, A., Matemu, A. O., & Raes, K. (2022). Effect of lactic acid fermentation on volatile compounds and sensory characteristics of mango (*Mangifera indica*) juices. *Foods*, 11(3), 383. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/foods11030383>

- Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. d., Foligne, B., Ganzle, M., Kort, R., Pasin, G., Pihlanto, A., Smid, E. J. & Hutkins, R. (2017). Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 94–102. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.11.010>
- Milani, A., Basirnejad, M., Shahbazi, S., & Bolhassani, A. (2017). Carotenoids: Biochemistry, pharmacology, and treatment. *British Journal of Pharmacology*, 174(11), 1290–1324. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/bph.13625>
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2017). *Lehninger principles of biochemistry*. (7th ed.). W.H. Freeman and Sapling Learning.
- Ramalingam, S., Ko, K. Y., Lee, J. S., Bahuguna, A., & Kim, M. (2022). Effects of the fruit maturity, processing method, and fermentation time on the physicochemical, functional, and microbial properties of *Prunus mume* (maesil) sugar syrup during a 1-year fermentation period. *Food Research International*, 159(1), 113174. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113174>
- R Core Team. (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Saenphoom P., Chimtong S., Sila-on D., Aemaot K., & Khloiklap N. (2021). Study of fermented juice from sugar palm peel. *Khon Kaen Agriculture Journal Suppl*, 49(2), 348-353. Retrieved from <https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=47ID%20228.pdf&id=4572&keeptrack=0>
- Shalaev, E. Y., Lu, Q., Shalaeva, M., & Zografi, G. (2000). Acid-catalyzed inversion of sucrose in the amorphous state at very low levels of residual water. *Pharmaceutical Research*, 17(3), 366–370. Retrieved from <https://doi.org/10.1023/a:1007517526245>
- Tamang, J. P., & Fleet, G. H. (2009). Yeasts diversity in fermented foods and beverages. *FEMS Yeast Research*, 9(7), 1083–1094. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-8292-4_9
- Thaworncharoen D., Kasemsub P., Suvitavas K., Thanongchit K., Phengchang P., & Chumphukham J. (2024). Evaluation of antioxidant content in the flesh and peel of ripe mango (*Mangifera indica*). *Journal of Agricultural Science and Management*, 7(1), 22–29. Retrieved from <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/JASM/article/view/438>
- Ward, O. P., & Singh, A. (2017). *Principles and applications of fermentation technology*. John Wiley & Sons. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119460381>