PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index

บทความวิจัย

การประเมินการหมักจากกล้าเชื้อ *Lactobacillus plantarum* (TISTR 864, TISTR 877) ต่อคุณภาพส้มผักกาดเขียวปลี (ผักกาดเขียวดองอีสาน)

พรพรรณ พัวไพบูลย์[1*] ธนิษฐ์นันท์ บุญศรีชนะ[1] มนันยา นันทสาร[2] ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์[3] ธนพงษ์ เกสรมาลา[1] และ หฤทัย แสนชัย[1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

[2]สาขาวิชาบริหารธุรกิจเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

[3]สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 13 มิถุนายน 2564

แก้ไข: 22 มิถุนายน 2564

ตอบรับการตีพิมพ์: 24 มิถุนายน 2564

ตีพิมพ์ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2564

คำสำคัญ

ผักกาดเขียวปลี

ส้มผักกาดเขียวปลี

Lactobacillus plantarum

TISTR 864

Lactobacillus plantarum

TISTR 877

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการหมักจากกล้าเชื้อ *Lactobacillus plantarum* (TISTR 864, TISTR 877) ต่อคุณภาพส้มผักกาดเขียวปลี ทำการผลิตกล้าเชื้อผง 3 ชนิด คือ กล้าเชื้อผง *L. plantarum* TISTR 864 (LP864), *L. plantarum* TISTR 877 (LP877) และ LP864 ผสมกับ LP877 แล้วนำมาผลิตส้มผักกาดเขียวปลี 3 สูตร ศึกษาคุณภาพเปรียบเทียบกับสูตรหมักโดยวิธีธรรมชาติ พบว่า สูตรหมักโดยกล้าเชื้อผง LP877 มีระยะเวลาหมักสั้น 60 ชั่วโมง สูตรหมักโดยวิธีธรรมชาติมีระยะเวลาหมักนาน 96 ชั่วโมง สูตรหมักโดยกล้าเชื้อผงทั้ง 3 สูตร มีค่า L* และ a* ไม่แตกต่างกับสูตรหมักโดยวิธีธรรมชาติ ($P>0.05$) แต่สูตรหมักโดยกล้าเชื้อผง LP864 ผสมกับ LP877 มีค่า b* สูงกว่าสูตรอื่น ๆ ($P\leq0.05$) โดยมีค่า b* ของก้านใบและใบอยู่ที่ 25.54 และ 17.17 ตามลำดับ ค่าความแน่นเนื้อและค่าความเหนียวของสูตรหมักโดยกล้าเชื้อผงทั้ง 3 สูตร มีค่าสูง อยู่ระหว่าง 58.46 – 64.97 N และ 59.45 – 61.18 N.sec ตามลำดับ ในขณะที่จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกของสูตรหมักโดยกล้าเชื้อผงทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกับสูตรหมักโดยวิธีธรรมชาติ ($P>0.05$) แต่สูตรหมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงทั้ง 3 สูตร ช่วยลดจำนวนยีสต์และราให้ต่ำกว่าสูตรหมักโดยวิธีธรรมชาติ ($P\leq0.05$) โดยสูตรหมักโดยผสมกล้าเชื้อผง LP864 ผสมกับ LP877 มีจำนวนยีสต์และราต่ำสุดอยู่ที่ 4.75 log CFU/g คะแนนความชอบโดยรวมของสูตรหมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงทั้ง 3 สูตร อยู่ในระดับชอบปานกลาง ดังนั้นกล้าเชื้อผงทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มที่ดีในการนำไปผลิตส้มผักกาดเขียวปลี

บทนำ

ผักกาดเขียวปลี (*Brassica juncea* L.) มีชื่อสามัญว่า Mustard leaf มีชื่ออื่น ๆ ว่า Chinese mustard และ Indian mustard นำมาประกอบอาหารได้หลายเมนู รับประทานสดได้ แต่มีรสชาติขม เผ็ด และมีกลิ่นเหม็นเขียว จึงนิยมนำมาดองเพราะคุณภาพดีขึ้นมากหลังจากดองเค็ม โดยมีเนื้อสัมผัสกรอบ เปราะ และไม่เปื่อยยุ่ย ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการผลิตผักดองที่รู้จักกันในชื่อ “ส้มผัก” ส้มผักหรือผักดองอีสาน มีขั้นตอนการผลิตง่าย วัตถุดิบหลักที่ใช้ผลิตได้แก่ ผัก เกลือ น้ำข้าวต้มมีระยะเวลาการหมักสั้นประมาณ 1 – 4 วัน ซื้อรับประทานได้ง่าย

*Corresponding author

E-mail address: phuapaiboon@yahoo.com (P. Phupaiboon)

Online print 28 June 2021. Copyright © 2021. This is an open access article, production and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. https://doi.org/10.14456/paj.2021.6

ในตลาดสด ตลาดชุมชน รับประทานเป็นเครื่องเคียงคู่กับอาหารอีสาน มีรสชาติที่แตกต่างจากผักดองที่ผลิตในภาคอื่น ๆ รวมทั้งวิธีการผลิตที่ใช้การคั้นหรือการบีบนวดผักกับเกลือ ผักที่นิยมนำมาทำส้มผัก ได้แก่ ต้นหอม กะหล่ำปลี ผักเสี้ยน ผักกาดขาวและผักกาดเขียวปลี ส้มผักจัดเป็นผลิตภัณฑ์ผักดองชนิดหนึ่งซึ่งผลิตภัณฑ์ในกลุ่มผักดองกำลังได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค (Leech et al., 2020) ซึ่งกรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศได้รายงานว่า ประเทศไทยมีการส่งออกผักดองสู่ตลาดโลกในปี พ.ศ. 2563 จำนวน 12.8 ล้านเหรียญสหรัฐ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2562 ถึง 4% Xiang et al. (2004) ยังได้รายงานว่าการรับประทานผลิตภัณฑ์ในกลุ่มผักดองยังช่วยรักษาสุขภาพเนื่องจากประกอบไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ เช่น ใยอาหาร แร่ธาตุ วิตามิน และสารต้านอนุมูลอิสระ การผลิตส้มผักกาดเขียวปลีส่วนใหญ่เป็นการผลิตในระดับครัวเรือนหรือชุมชน ที่วิธีหมักใช้จุลินทรีย์จากธรรมชาติที่ติดมากับวัตถุดิบ จุลินทรีย์ที่พบในผลิตภัณฑ์ผักดองเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) ในสกุล *Lactobacillus*, *Weissella*, *Leuconostoc*, และ *Pediococcus* (Zhang et al., 2021) แต่การผลิตส้มผักที่อาศัยเพียงการหมักจากจุลินทรีย์ที่มาจากธรรมชาติ อาจส่งให้ระยะเวลาในการหมักนาน คุณภาพผลิตภัณฑ์ไม่ตรงตามที่ต้องการ ทั้งนี้เนื่องจากความผันแปรของชนิดจุลินทรีย์ในการหมัก (Moon et al., 2018) รวมทั้งการผลิตส้มผักที่ควบคุมการผลิตไม่ดีอาจเกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ผักดองหลายชนิดใช้กล้าเชื้อ (Starter culture) ในขั้นตอนการหมัก ซึ่งกล้าเชื้อที่ผลิตขึ้นมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ต้องการในปริมาณมาก ทำให้การหมักมีประสิทธิภาพดีตามที่ต้องการ ลดเวลาการหมัก และกล้าเชื้อสามารถป้องกันจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ ได้มีหลายรายงานที่รายงานถึงความสำเร็จของการใช้กล้าเชื้อในการผลิตผักดอง โดยเฉพาะกล้าเชื้อในสกุล *Lactobacillus* โดย Xiang et al. (2020) พบว่ากล้าเชื้อ *L. plantarum* LP067 ที่ใช้ผลิตผักดองเสฉวน ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นและรสชาติที่ดี Yang et al. (2020) พบว่า กล้าเชื้อ *L. plantarum* HBUAS 51041 ที่ใช้ผลิตเซาเออร์เคราท์ (Sauerkraut) ความเข้มข้นของเกลือ 0.5% (w/v) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นหอมและ Jampaphaeng et al. (2018) พบว่า กล้าเชื้อ *L. plantarum* KJ03 ที่ใช้ผลิตสตอดอง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds) เพิ่มขึ้นและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค จากรายงานดังกล่าว แสดงให้เห็นว่ากล้าเชื้อสายพันธุ์ *L. plantarum* มีประสิทธิภาพที่ดีในการผลิตผักดอง และจากข้อมูลของศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ได้แสดงว่า *L. plantarum* TISTR 864 เป็นสายพันธุ์ที่คัดแยกมาจากผลิตภัณฑ์ต้นหอมดองในประเทศไทย และ *L. plantarum* TISTR 877 เป็นสายพันธุ์ที่คัดแยกมาจากผลิตภัณฑ์กะหล่ำปลีดองในประเทศไทย ซึ่งทั้ง 2 สายพันธุ์ ผลิตกรดแลคติกได้ดีในขั้นตอนการหมักผัก จึงมีแนวโน้มที่ดีในการนำมาใช้เป็นกล้าเชื้อผลิตผักดอง

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ใช้แบคทีเรียสร้างกรดแลคติก *L. plantarum* TISTR 864 และ *L. plantarum* TISTR 877 มาผลิตกล้าเชื้อผง เพื่อนำไปใช้ในการผลิตส้มผักกาดเขียวปลีด้วยกล้าเชื้อผงเพียงสายพันธุ์เดียว หรือผสมร่วมกันทั้ง 2 สายพันธุ์ และประเมินการหมักจากกล้าเชื้อผงทั้ง 2 สายพันธุ์ ต่อคุณภาพส้มผักกาดเขียวปลีเปรียบเทียบกับการหมักส้มผักกาดเขียวปลีด้วยจุลินทรีย์ที่มาจากธรรมชาติ

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วัสดุ

วัสดุเกาะยึดของแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกในการผลิตกล้าเชื้อผง คือ แป้งข้าวเจ้า แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกที่ใช้ในวิจัยมี 2 สายพันธุ์ คือ *Lactobacillus plantarum* TISTR 864 (LP864) และ *L. plantarum* TISTR 877 (LP877) ได้รับจากศูนย์เก็บรักษาสายพันธุ์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตส้มผักกาดเขียวปลี คือ เกลือป่น น้ำตาลทราย โมโนโซเดียมกลูตาเมท ข้าวสาร และผักกาดเขียวปลี ผักกาดเขียวปลี ได้มาจากบ้านเหล่าใหญ่ ตำบลฆ้องชัยพัฒนา อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์

การผลิตกล้าเชื้อผง

วิธีผลิตกล้าเชื้อผงดัดแปลงมาจาก Phuapaiboon (2016) โดยต่อเชื้อ (Subculture) LP864 และ LP877 ลงในอาหารเหลว MRS broth (ยี่ห้อ Himedia, India) ปริมาตร 360 มิลลิลิตร โดยเติมลงไปในปริมาณ 3% (v/v) นำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 21 ชั่วโมง นำกล้าเชื้อที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (ยี่ห้อ SIGMA รุ่น 2-16KL) เพื่อแยกเซลล์ที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 4 °C นาน 5 นาที เทของเหลวส่วนใสด้านบนออกและนำตะกอนเซลล์ที่ได้ไปเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.85% (w/v) ปริมาตร 18 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันจะได้เซลล์แขวนลอย นำไปผสมกับแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการสเตอริไลซ์ปริมาณ 150 กรัม และน้ำกลั่นผ่านการสเตอริไลซ์ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและเกลี่ยเป็นแผ่นบาง ๆ บนถาดที่ปลอดเชื้อ นำไปอบในตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ

Memmert รุ่น 14-03129) อุณหภูมิ 45 °C นาน 9 ชั่วโมง ได้เป็นกล้าเชื้อผง นำมาบรรจุใส่ภาชนะที่ปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C กล้าเชื้อผง LP864 มีจำนวนเชื้อเท่ากับ 7.30 log CFU/g และใกล้เคียงกับกล้าเชื้อผง LP877 ที่มีจำนวนเชื้อเท่ากับ 7.80 log CFU/g

การผลิตส้มผักกาดเขียวปลี

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษาการใช้กล้าเชื้อผง LP864 และ LP877 เปรียบเทียบกับจุลินทรีย์ที่มาจากธรรมชาติในการผลิตส้มผักกาดเขียวปลี โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 4 สิ่งทดลอง (สูตร) ดังนี้

สูตรที่ 1 ส้มผักกาดผักเขียวปลีหมักโดยวิธีธรรมชาติ (ตัวอย่างควบคุม)

สูตรที่ 2 ส้มผักกาดผักเขียวปลีหมักโดยเสริมกล้าเชื้อผง LP864

สูตรที่ 3 ส้มผักกาดผักเขียวปลีหมักโดยเสริมกล้าเชื้อผง LP877

สูตรที่ 4 ส้มผักกาดผักเขียวปลีหมักโดยเสริมกล้าเชื้อผง LP864 ผสมกับ LP877 ในอัตราส่วน 1:1

แต่ละสูตรมีกรรมวิธีการผลิต แสดงดัง Fig. 1

การหาจุดยุติการหมัก

วัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) และหาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity, TA) ระหว่างหมักส้มผักกาดเขียวปลีทุก ๆ 12 ชั่วโมง จนกระทั่งมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.5 – 3.6 และมีปริมาณ TA อยู่ระหว่าง 0.8 – 0.9% จึงถึงจุดยุติการหมัก ได้เป็นผลิตภัณฑ์ส้มผักกาดเขียวปลี บันทึกระยะเวลาในการหมัก โดยค่า pH และปริมาณ TA ดังกล่าว ใช้เป็นค่าอ้างอิงที่วัดมาจากตัวอย่างส้มผักกาดเขียวปลีหมักโดยวิธีธรรมชาติที่ทดลองผลิตและได้คะแนนสูงที่สุดจากการทดสอบการยอมรับ

การวัดค่า pH วัดจากน้ำส้มผักกาดเขียวปลีด้วยเครื่องวัดค่า pH (ยี่ห้อ Sartorius รุ่น Docu-pH+ Meter) วัดที่อุณหภูมิห้อง การหาปริมาณ TA ทำตามวิธีของ AOAC (2019) โดยปิเปตน้ำส้มผักกาดเขียวปลีปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นที่ต้มไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วปล่อยให้เย็น ปริมาตร 25 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีน 2 – 3 หยด ไทเทรตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนได้สารละลายสีชมพูคงที่นาน 3 วินาที บันทึกปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ นำมาคำนวณปริมาณ TA คิดเป็น % กรดแลคติก ดังสมการด้านล่าง

$$\text{ปริมาณ TA (\% กรดแลกติก)} = \frac{N \times V1 \times 90.8 \times 100}{V2 \times 100}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

V1 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต

V2 = ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้

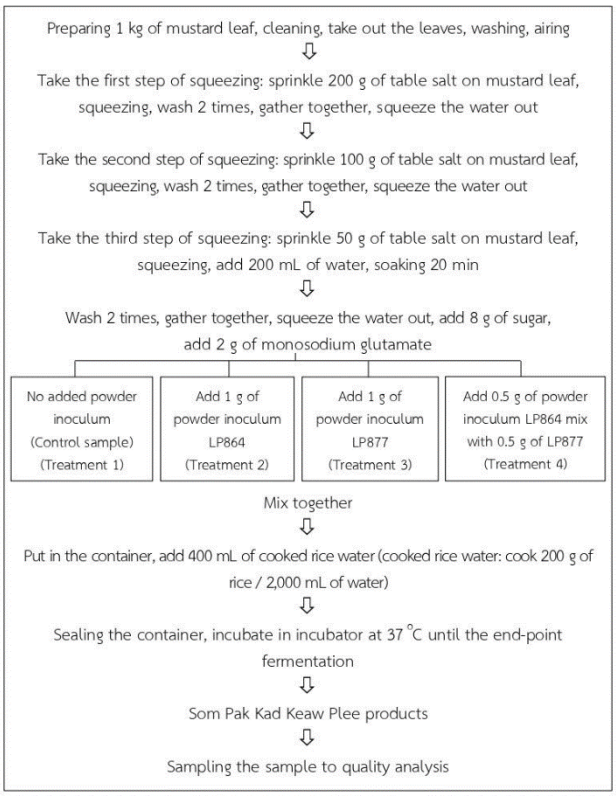

Fig. 1 Procedural flowchart to produce Som Pak Kad Kaew Plee samples.

การวิเคราะห์คุณภาพส้มผักกาดเขียวปลี

นำตัวอย่างส้มผักกาดเขียวปลีที่หมักจนถึงจุดยุติทั้ง 4 สูตร มาวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1.1 ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (ยี่ห้อ HunterLab รุ่น ColorFlex Model 45°/0°) ที่มีการวัดค่าสีในระบบ C.I.E lab (L* a* b*) ค่าสี L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) a* เป็นค่าสีแดงและเขียว (Redness/Greenness) และ b* เป็นค่าสีเหลืองและน้ำเงิน (Yellowness/Blueness) โดยเตรียมก้านใบและใบมาแยกเรียงให้เต็มจานแก้วแล้วนำไปวัดค่า ในแต่ละซ้ำ ทำการวัดซ้ำละ 10 ตัวอย่าง

1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA.XT.plus) ใช้หัววัดเป็นใบมีดเดี่ยว (HDP/BS Batch No.11711) โดยเตรียมก้านใบน้ำหนักประมาณ 2 กรัม ความหนาประมาณ 1 – 2 มิลลิเมตร มาวัดแรงตัด (Cutting force) ตั้งเครื่องมือมีแรงกด 5 กิโลกรัม ความเร็วหัววัด 10 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทางกด 20 มิลลิเมตร วิเคราะห์เป็นค่าความแน่น

เนื้อ (Firmness) และความเหนียว (Toughness) ในแต่ละซ้ำ ทำการวัดซ้ำละ 10 ตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา และแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก โดยทำตามวิธีของ AOAC (1995) นำตัวอย่างมา 10 กรัม แล้วทำการเจือจางตัวอย่างเจือจางลงครั้งละ 10 เท่า (Ten-fold serial dilutions) กับสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.85% (w/v) ดูดสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้นเหมาะสมปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ปิเปตลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะชนิดแข็ง ใช้แท่งแก้วงอเกลี่ยให้ทั่วจนกระทั่งผิวหน้าของวุ้นแห้ง การตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียทั้งหมดใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) (ยี่ห้อ Himedia, India) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 48 ชั่วโมง การตรวจวิเคราะห์ยีสต์และราใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Acidified potato dextrose agar (PDA, pH 3.5) (ยี่ห้อ Himedia, India) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 °C นาน 3 – 5 วัน และการตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar (ยี่ห้อ Himedia, India) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ และรายงานผลเป็น ล็อกโคโลนี/กรัม (log CFU/g)

3. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 35 คน ประเมินในด้านลักษณะปรากฏ (พิจารณาจากการมีสีเหลือง สีไม่คล้ำ) กลิ่น (พิจารณาจากกลิ่นหมักของผักดอง) รสชาติ (พิจารณาจากรสเปรี้ยว) เนื้อสัมผัส (พิจารณาจากความกรอบ ไม่นิ่มเละ) และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธี 9 – points hedonic scale กำหนดให้คะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 9 คือ ชอบมากที่สุด โดยนำตัวอย่างที่หมักจนถึงจุดยุติการหมักได้เป็นผลิตภัณฑ์ส้มผักกาดเขียวปลี นำเฉพาะส่วนที่เป็นชิ้นของส้มผัก ไม่ใช้น้ำของส้มผัก เสิร์ฟใส่ถ้วยพลาสติกให้ผู้ทดสอบชิมประเมิน แสดงดัง Fig. 2

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางจุลินทรีย์ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ การทดสอบทางประสาทสัมผัส ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ใช้ผู้ทดสอบชิมเป็น Block จำนวนผู้ทดสอบชิม 35 คน การวิเคราะห์ดังกล่าว วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้ค่าสถิติ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 13 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

Fig. 2 The product of Som Pak Kad Keaw Plee in a plastic container.

ผลการวิจัย

ผลการหาจุดยุติการหมัก

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักจนถึงจุดยุติการหมักด้วยการวัดค่า pH และหาปริมาณ TA พบว่า ค่า pH ของส้มผักกาดเขียวปลีทั้ง 4 สูตร มีการเปลี่ยนแปลง (Fig. 3 (A)) โดยมีค่า pH ลดลงทั้ง 4 สูตร แต่ระยะเวลาที่ค่า pH ถึงจุดยุติการหมัก (3.5 – 3.6) แตกต่างกัน สูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ มีค่า pH เริ่มต้น 6.04 และค่อย ๆ ลดลงจนมีค่าเป็น 3.56 มีระยะการหมัก 96 ชั่วโมง สูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผง LP864 มีค่า pH เริ่มต้น 5.87 และลดลงค่อนข้างรวดเร็วจนมีค่าเป็น 3.57 มีระยะการหมัก 72 ชั่วโมง สูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผง LP877 มีค่า pH เริ่มต้น 5.92 และลดลงอย่างรวดเร็วจนมีค่าเป็น 3.61 มีระยะการหมัก 60 ชั่วโมง และสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงผสมระหว่าง LP864 และ LP877 มีค่า pH เริ่มต้น 5.87 และลดลงค่อนข้างรวดเร็วจนมีค่าเป็น 3.63

มีระยะการหมัก 72 ชั่วโมง ส้มผักผักกาดเขียวปลีทั้ง 4 สูตร มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.56 – 3.63 สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผักกาดดอง (มผช.284/2547) ที่กำหนดให้ผักกาดดองที่ผ่านกรรมวิธีการดอง มีค่า pH ต้องไม่เกิน 4.5 โดยส้มผักกาดเขียวปลีที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผง LP877 มีระยะเวลาที่ค่า pH ถึงจุดยุติการหมักสั้นที่สุด ขณะที่ส้มผักผักกาดเขียวปลีที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ มีระยะเวลาที่ค่า pH ถึงจุดยุติการหมักนานที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Xiang et al. (2020) ที่พบว่าระหว่างหมักผักดองเสฉวนด้วยกล้าเชื้อ *L. plantarum* LP067 เพียงสายพันธุ์เดียวหรือร่วมกับกล้าเชื้อ *Weissella cibaria* WC018 ส่งผลให้ค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างหมัก 0 – 72 ชั่วโมง (7.88 – 7.58 ถึง 3.55 – 3.45) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากล้าเชื้อเป็นตัวการส่งเสริมให้เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารอาหารในการหมักผักดอง ในขณะที่ Zhang et al. (2021) รายงานว่า การหมักหัวผักกาดเขียวปลีโดยวิธีธรรมชาติ ในช่วงระยะแรกของการหมัก 30 วัน ค่า pH ค่อย ๆ ลดลง อยู่ระหว่าง 5.5 – 5.28 และลดอยู่ที่ 4.01 เมื่อหมักนาน 40 – 60 วัน ปริมาณ TA ของส้มผักกาดเขียวปลีทั้ง 4 สูตร มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก (Fig. 3 (B)) โดยปริมาณ TA เพิ่มขึ้นทั้ง 4 สูตร สอดคล้องกับค่า pH ที่ลดลง (Fig. 3 (A)) สูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ สูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผง LP864 สูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผง LP877 และสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงผสมระหว่าง LP864 และ LP877 มีระยะเวลาที่ปริมาณ TA ถึงจุดยุติการหมัก (0.8 – 0.9%) เป็น 96 72 60 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งมีระยะเวลาที่เหมือนกับระยะเวลาที่ค่า pH ถึงจุดยุติการหมัก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ค่าสีของก้านใบและใบส้มผักกาดเขียวปลี แสดงดัง Table 1 ซึ่งพบว่า ค่า L* ของก้านใบส้มผักเขียวปลีทั้ง4 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าอยู่ระหว่าง 35.32 – 37.26 แสดงถึงมีสีเข้ม ส่วนค่า a* ของก้านใบส้มผักกาดเขียวปลีทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เช่นเดียวกัน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.22 – 0.80 แสดงถึงมีสีแดงเล็กน้อย และ

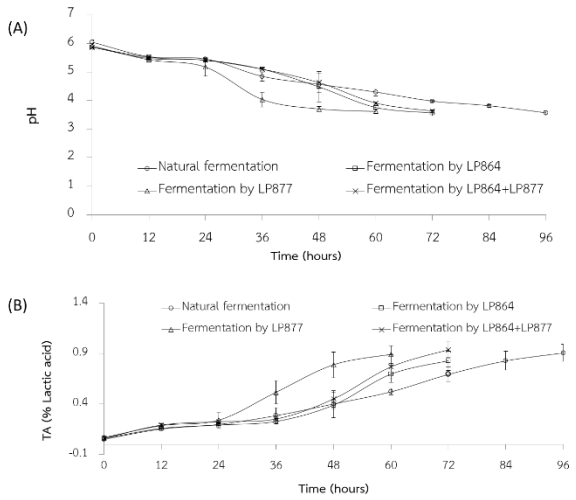

Fig. 3 Changes in pH value (A) and TA amount (B) of Som Pak Kad Keaw Plee samples during fermentation.

ค่า b* ของก้านใบส้มผักกาดเขียวปลีทั้ง 4 สูตร มีค่าอยู่ระหว่าง 20.79 – 25.54 แสดงถึงมีสีเหลือง ก้านใบส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงผสมระหว่าง LP864 และ LP877 มีค่า b* สูงที่สุดแตกต่างจากสูตรอื่น ๆ (P≤0.05) และพบว่า ค่าสีของใบส้มผักกาดเขียวปลีสอดคล้องกับค่าสีก้านใบส้มผักกาดเขียวปลี โดยค่า L* ของใบส้มผักเขียวปลีทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีสีเข้ม มีค่าอยู่ระหว่าง 21.14 – 24.55 ส่วนค่า a* ของใบส้มผักกาดเขียวปลีทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีสีแดงเล็กน้อย มีค่าอยู่ระหว่าง 0.95 – 1.19 และค่า b* ของใบส้มผักกาดเขียวปลีทั้ง 4 สูตร มีสีค่อนข้างเหลือง มีค่าอยู่ระหว่าง 13.57 – 17.17 ใบส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงผสมระหว่าง LP864 และ LP877 มีค่า b* สูงกว่าสูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ (P≤0.05) ซึ่งค่า b* ของทั้งก้านใบและใบส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงผสมนั้นมีสีเหลืองและมีค่าสูงกว่าสูตรอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของการใช้กล้าเชื้อผสมที่เพิ่มคุณภาพการหมัก ซึ่งในขั้นตอนการหมักผักดองจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีที่อาจเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) โดยเฉพาะปฏิกิริยาที่มีสาเหตุมาจากการออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลโดยมีเอนไซม์กลุ่มพอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase, PPO) เป็น ตัวเร่งปฏิกิริยา (Sapers, 1993) และปฏิกิริยาสีน้ำตาลสามารถถูกชะลอการเกิดได้จาก

Table 1 Color and texture analyses of Som Pak Kad Keaw Plee samples.

	Treatment			
	Natural fermentation	Fermentation by LP864	Fermentation by LP877	Fermentation by LP864 + LP877
Color value of petioles				
L*[ns]	36.98 ± 1.48	37.26 ± 1.44	35.70 ± 1.76	35.32 ± 3.63
a*[ns]	0.80 ± 0.24	0.75 ± 0.55	0.22 ± 0.37	0.75 ± 1.55
b*	21.25 ± 3.37[b]	20.79 ± 1.90[b]	21.02 ± 1.30[b]	25.54 ± 1.95[a]
Color value of leaves				
L*[ns]	21.26 ± 1.68	22.40 ± 1.99	24.55 ± 1.12	21.14 ± 2.65
a*[ns]	1.14 ± 0.60	1.19 ± 0.20	0.95 ± 0.35	1.40 ± 0.13
b*	13.57 ± 2.38[b]	15.33 ± 1.22[ab]	14.74 ± 1.70[ab]	17.17 ± 1.66[a]
Texture of petioles				
Firmness (N)[ns]	57.86 ± 7.76	64.97 ± 2.79	58.46 ± 6.02	62.65 ± 6.65
Toughness (N.sec)[ns]	58.27 ± 5.53	61.18 ± 2.78	59.45 ± 6.43	61.19 ± 6.61

All values are the mean ± SD.

[a, b] Means values in the same row with different superscripts are significantly different (P≤0.05).

[ns] Means values in the same row are not significantly different (P>0.05)..

สารประกอบฟีนอลิก (Arab et al., 2011) จากรายงานของ Septembre-Malaterre, et al. (2018) ได้รายงานว่าการหมักผักดองด้วยแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก เอนไซม์กลูโคซิเดส (Glucosidase) ที่ผลิตจากแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกที่มีอยู่ในผักดองสามารถถูกดัดแปลงไปเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพสามารถกำจัดอนุมูลอิสระ (Radical scavenging) ได้ดี ส่งผลต่อการชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เพิ่มความเป็นสีเหลือง และค่าสีดังกล่าวยังสอดคล้องกับมาตรฐานอุตสาหกรรมและมาตรฐานชุมชนของผักดอง ที่ว่าผักกาดดองที่มีสีเหลืองและสีสดใส ช่วยเพิ่มคุณภาพของผักกาดดอง (Zhang et al., 2019)

ลักษณะเนื้อสัมผัสของส้มผักกาดเขียวปลี แสดงดัง Table 1 ซึ่งพบว่า ค่าความแน่นเนื้อและค่าความเหนียวของส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกับสูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ (P>0.05) โดยมีค่าความแน่นเนื้อและค่าความเหนียว อยู่ระหว่าง 57.86 – 64.97 N และ 58.27 – 61.19 N.sec ตามลำดับ จากค่าที่ได้แสดงถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของส้มผักกาดเขียวปลีทั้ง 4 สูตร กรอบพอควร ไม่นิ่มเละ ซึ่งผักกาดดองที่มีค่าความแน่นเนื้อที่สูง เป็นตัวช่วยเพิ่มคุณภาพของผักกาดดอง (Zhang et al., 2019)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา และแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก แสดงดัง Table 2 ซึ่งพบว่า จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดของส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกับสูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ (P>0.05) โดยมีจำนวนอยู่ระหว่าง 8.42 – 8.69 log CFU/g จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดของส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติมีจำนวนที่ไม่แตกต่างกับส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาการหมักส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติมีระยะเวลานานถึง 96 ชั่วโมง ทำให้มีการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเกิดขึ้นระหว่างหมักและส่งผลให้มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้น ขณะที่จำนวนยีสต์และราของส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงทั้ง 3 สูตร มีจำนวนน้อยกว่าสูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ (P≤0.05) ส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงมีจำนวนยีสต์และราอยู่ระหว่าง 4.75 – 5.01 log CFU/g ส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติมีจำนวนยีสต์และราอยู่ที่ 5.78 log CFU/g ยีสต์และราของส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงมีจำนวนน้อยกว่ายีสต์และราของส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากประสิทธิภาพของกล้าเชื้อที่ไปยับยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์และราระหว่างการหมัก สอดคล้องกับ

Table 2 Microbiological quality of Som Pak Kad Keaw Plee samples.

	Treatment			
	Natural fermentation	Fermentation by LP864	Fermentation by LP877	Fermentation by LP864 + LP877
Total bacterial count (log CFU/g)^{ns}	8.42 ± 6.48	8.69 ± 6.56	8.67 ± 6.48	8.50 ± 6.41
Yeast and mold count (log CFU/g)	5.78 ± 3.52^{a}	5.01 ± 2.78^{b}	4.89 ± 2.36^{b}	4.75 ± 2.68^{b}
Lactic acid bacteria count (log CFU/g)^{ns}	8.69 ± 6.48	8.74 ± 6.57	8.62 ± 5.76	8.46 ± 6.44

All values are the mean ± SD.

$^{a, b}$ Means values in the same row with different superscripts are significantly different (P≤0.05).

^{ns} Means values in the same row are not significantly different (P>0.05).

รายงานของ Abouloifa et al. (2021) ที่รายงานว่ากล้าเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกนอกจากจะมีบทบาทสำคัญในการหมักแล้ว ยังมีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันเสียทางธรรมชาติ (Food bio-preservative) โดย *L*. plantarum 23, 46, 49, 61, 62, 71, 72 ที่ได้ทำการคัดแยกมาจากมะกอกหมักมีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งยีสต์ (*Candida pelliculosa* และ *Rhodotorula* sp.) และรา (*Aspergillus niger*, *Penicillium* sp., *Fusarium oxysporum* และ *Rhizopus* sp.) รวมทั้ง Wei et al. (2020) ได้รายงานว่า *L. plantarum* 13M5 ที่คัดแยกมาจากอาหารหมักพื้นเมืองมีประสิทธิภาพในการทำลายพาทูลิน (Patulin) ซึ่งเป็นสารพิษจากราได้สูงถึง 43.8% ทำให้อาหารหมักที่ผลิตจากกล้าเชื้อดังกล่าวมีความปลอดภัย ส่วนจำนวนแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกของส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติมีจำนวนไม่แตกต่างกับสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงทั้ง 3 สูตร (P> 0.05) โดยมีจำนวนอยู่ระหว่าง 8.46 – 8.74 log CFU/g ส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติมีจำนวนแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกที่ค่อนข้างสูง แต่ไม่แตกต่างกับสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาการหมักส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติมีระยะเวลาการหมักที่นาน ทำให้มีการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสร้างกรดแลคติคเพิ่มขึ้นระหว่างหมัก โดยแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกเป็นจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการหมักผักดองที่อาศัยการหมักจากจุลินทรีย์ในธรรมชาติ ซึ่งแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกเหล่านี้จะมาจากวัตถุดิบและน้ำเกลือ (Zhang et al., 2021) ส้มผักกาดเขียวปลีที่ผลิตทั้ง 4 สูตร มีจำนวนแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกค่อนข้างสูง (มากกว่า 8 log CFU/g) จัดเป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เนื่องจากแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกได้รับการยอมรับว่าเป็นแบคทีเรียที่ปลอดภัย (Generally recognized as safe bacteria, GRAS) (Kumoro et al., 2020) โดยเฉพาะบางสายพันธุ์ของแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกในสกุล *Lactobacillus* เช่น *L. plantarum* จัดเป็นโพรไบโอติก (Probiotic) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ช่วยส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันและการย่อยอาหารให้เป็นปกติ (Wei et al., 2020) และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 346 พ.ศ. 2555 ได้ระบุว่าการใช้โพรไบโอติกในอาหาร ควรมีจำนวนโพรไบโอติกที่ยังมีชีวิตอยู่ คงเหลืออยู่ไม่น้อยกว่า 6 log CFU/g

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบความชอบต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ของส้มผักกาดเขียวปลี (Table 3) พบว่า คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยในคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษาระหว่างส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยเสริมกล้าเชื้อผงทั้ง 3 สูตร กับส้มผักกาดเขียวปลีสูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P> 0.05) โดยมีคะแนนความชอบโดยเฉลี่ยต่อลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ระหว่าง 7.40 – 7.63, 6.20 – 6.94, 6.34 – 6.77, 7.11 – 7.26 และ 6.86 – 7.26 คะแนน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเสริมกล้าเชื้อผง LP864 หรือ LP877 หรือ LP864 ผสมกับ LP877 ไม่มีผลในทางลบต่อคุณลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของส้มผักกาดเขียวปลี โดยผู้ทดสอบชิมมีความชอบโดยรวมต่อส้มผักกาดเขียวปลีอยู่ในระดับชอบปานกลาง

Table 3 Sensory acceptability of Som Pak Kad Keaw Plee samples.

	Treatment			
	Natural fermentation	Fermentation by LP864	Fermentation by LP877	Fermentation by LP864 + LP877
Appearance^{ns}	7.40 ± 1.54	7.63 ± 1.31	7.60 ± 1.31	7.40 ± 1.22
Odor^{ns}	6.51 ± 2.01	6.20 ± 2.04	6.74 ± 1.29	6.94 ± 1.51
Taste^{ns}	6.77 ± 1.93	6.46 ± 1.72	6.63 ± 1.85	6.34 ± 1.98
Texture^{ns}	7.11 ± 1.88	7.26 ± 1.40	7.17 ± 1.47	7.14 ± 1.42
Overall acceptance^{ns}	6.86 ± 1.83	6.89 ± 1.62	7.26 ± 1.27	6.91 ± 1.46

All values are the mean ± SD.

^{ns} Means values in the same row are not significantly different (P>0.05).

สรุปผลการวิจัย

จากผลที่ได้จากการศึกษานี้ สามารถสรุปได้ว่ากล้าเชื้อผง LP864 หรือ LP877 หรือ LP864 ผสมกับ LP877 มีแนวโน้มที่ดีในการนำไปผลิตส้มผักกาดเขียวปลี เพราะว่าทำให้ระยะเวลาในการหมักสั้นเพียง 60 – 72 ชั่วโมง โดยเฉพาะกล้าเชื้อผง LP877 มีระยะเวลาในการหมัก 60 ชั่วโมง นอกจากนี้ กล้าเชื้อ LP864 ผสมกับ LP877 ยังช่วยเพิ่มความเป็นสีเหลืองให้กับ ส้มผักกาดเขียวปลี กล้าเชื้อผงทั้ง 3 ชนิด ยังส่งผลที่ดีต่อค่าความแน่นเนื้อและค่าความเหนียว และยังมีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันเสียทางธรรมชาติ ช่วยลดการเจริญเติบโตของยีสต์และรา โดยเฉพาะกล้าเชื้อผง LP864 ผสมกับ LP877 ทำให้ยีสต์และรา ลดลงอยู่ที่ 4.75 log CFU/g รวมทั้งยังส่งผลให้แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ดีมีจำนวนสูง โดยเฉพาะกล้าเชื้อผง PA864 มีจำนวนแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกอยู่ที่ 8.74 log CFU/g การเสริมกล้าเชื้อผงทำให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะต่าง ๆ ของส้มผักกาดเขียวปลีไม่แตกต่างจากการหมักโดยวิธีธรรมชาติ และได้รับการยอมรับอยู่ในระดับชอบปานกลาง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณโครงการยุวชนอาสา ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

References

Abouloifa, H., Gaamouche, S., Rokni, Y., Hasnaoui, I., Bellaouchi, R., Ghabbour, N., ... & Asehraou, A. (2021). Antifungal activity of probiotic Lactobacillus strains isolated from natural fermented green olives and their application as food bio-preservative. *Biological Control*, *152*, 104450.

AOAC (1995). Official methods of analysis (16th ed.). Washington, DC, USA: Association of Official Analytical Chemists.

Arab, F., Alemzadeh, I., & Maghsoudi, V. (2011). Determination of antioxidant component and activity of rice bran extract. *Scientia iranica*, *18*(6), 1402-1406.

Jampaphaeng, K., Ferrocino, I., Giordano, M., Rantsiou, K., Maneerat, S., & Cocolin, L. (2018). Microbiota dynamics and volatilome profile during stink bean fermentation (Sataw-Dong) with *Lactobacillus plantarum* KJ03 as a starter culture. *Food microbiology*, *76*, 91-102.

Kumoro, A. C., Widiyanti, M., Ratnawati, R., & Retnowati, D. S. (2020). Nutritional and functional properties changes during facultative submerged fermentation of gadung (Dioscorea hispida Dennst) tuber flour using Lactobacillus plantarum. *Heliyon*, *6*(3), e03631.

Leech, J., Cabrera-Rubio, R., Walsh, A. M., Macori, G., Walsh, C. J., Barton, W., ... & Cotter, P. D. (2020). Fermented-food metagenomics reveals substrate-associated differences in taxonomy and health-associated and antibiotic resistance determinants. *MSystems*, *5*(6).

Moon, S. H., Kim, C. R., & Chang, H. C. (2018). Heterofermentative lactic acid bacteria as a starter culture to control kimchi fermentation. *LWT*, *88*, 181-188.

Phuapaiboon, P. (2016). Immobilization of probiotic bacteria with banana flour and effect on quality of synbiotic ice cream and survival under simulated gastrointestinal conditions. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, *8*(4), 33-46.

Sapers, G. M. (1993). Browning of foods: control by sulfites, antioxidants, and other means. *Food Technology (Chicago)*, *47*(10), 75-84.

Septembre-Malaterre, A., Remize, F., & Poucheret, P. (2018). Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. *Food Research International*, *104*, 86-99.

Wei, C., Yu, L., Qiao, N., Wang, S., Tian, F., Zhao, J., ... & Chen, W. (2020). The characteristics of patulin detoxification by Lactobacillus plantarum 13M5. *Food and Chemical Toxicology*, *146*, 111787.

Xiang, H., Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. I., Cui, C., & Ruan, Z. (2019). Fermentation-enabled wellness foods: A fresh perspective. *Food Science and Human Wellness*, *8*(3), 203-243.

Xiang, W. L., Zhang, N. D., Lu, Y., Zhao, Q. H., Xu, Q., Rao, Y., ... & Zhang, Q. (2020). Effect of *Weissella cibaria* co-inoculation on the quality of Sichuan Pickle fermented by *Lactobacillus plantarum*. *LWT*, *121*, 108975.

Yang, X., Hu, W., Xiu, Z., Jiang, A., Yang, X., Ji, Y., ... & Feng, K. (2020). Microbial dynamics and volatilome profiles during the fermentation of Chinese northeast sauerkraut by *Leuconostoc mesenteroides* ORC 2 and *Lactobacillus plantarum* HBUAS 51041 under different salt concentrations. *Food Research International*, *130*, 108926.

Zhang, C., Zhang, J., & Liu, D. (2021). Biochemical changes and microbial community dynamics during spontaneous fermentation of Zhacai, a traditional pickled mustard tuber from China. *International Journal of Food Microbiology*, *347*, 109199.

Research article

Evaluation of fermentation assisted by *Lactobacillus plantarum* (TISTR 864, TISTR 877) on quality of Som Pak Kad Keaw Plee (northeast Thai pickled mustard)

Pornpan Phuapaiboon[1*], Thanitnan Boonsrichana[1], Mananya Nantasarn[2] Taweesab Chaiyarak[3], Thanaphong Kesornmala[1] and Haruthai Sanchai[1]

[1]*Program in Food Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Mueang, Maha Sarakham 44000, Thailand*
[2]*Program in Agribusiness Administration, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Mueang, Maha Sarakham 44000, Thailand*
[3]*Program in Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Mueang, Maha Sarakham 44000, Thailand*

ARTICLE INFO

Article history
Received: 13 June 2021
Revised: 22 June 2021
Accepted: 24 June 2021
Online published: 28 June 2021

Keyword
Mustard leaf
Northeast Thai pickled Mustard
Lactobacillus plantarum TISTR 864
Lactobacillus plantarum TISTR 877

ABSTRACT

The research aims to an evaluation of fermentation assisted by *Lactobacillus plantarum* (TISTR 864, TISTR 877) on the quality of Som Pak Kad Keaw Plee (northeast Thai pickled mustard). Powder inoculum of *L. plantarum* TISTR 864 (LP864), *L. plantarum* TISTR 877 (LP877), and *L. plantarum* TISTR 864 mix with *L. plantarum* TISTR 864 (LP864 mix with LP877) was prepared and used in the production of Som Pak Kad Keaw Plee in 3 samples. The quality of the sample was studied in comparison with natural fermentation (control sample). The results revealed that fermentation by inoculum of LP877 had a short fermentation time of only 60 h and natural fermentation had the longest fermentation time of 96 h. Fermentation by inoculum of 3 samples had lightness (L*) and redness (a*) no difference with natural fermentation (P>0.05), whereas fermentation by inoculum of LP864 mix with LP877 had yellowness (b*) higher than other samples as b* of petioles and leaves was 25.54 and 17.17, respectively. The firmness and toughness of fermentation by inoculum of 3 samples were high between 58.46 – 64.97 N and 59.45 – 61.18 N.sec, respectively. The enumeration of total bacteria count and lactic acid bacteria of fermentation by inoculum of 3 samples was not different with natural fermentation (P>0.05). However, fermentation by inoculum of 3 samples reduced the population of yeast and mold lower than natural fermentation (P≤0.05) especially fermentation by inoculum of LP864 mix with LP877 had the lowest yeast and mold population at 4.75 log CFU/g. The overall acceptance scores of fermentation by inoculum of 3 samples were the like moderately. Therefore, 3 samples of inoculum have a promising to be used in the production of Som Pak Kad Keaw Plee.

*Corresponding author
E-mail address: phuapaiboon@yahoo.com (P.Phupaiboon)
Online print 28 June 2021. Copyright © 2021. This is an open access article, production and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. https://doi.org/10.14456/paj.2021.6