

บทความวิจัย (Research Article)

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำส้มสายชูหมักลิ้นจี่

รวีสรา รื่นไวย^{1*} และ ยูปารัตน์ โพธิ์เสน²

Bioactive compounds and physicochemical properties of lychee fermented vinegar

Rawisara Ruenwai^{1*} and Yuparat Potisate²¹ Division of Biotechnology, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000² Division of Food Safety, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000

* Correspondence to: rawisara.rue@hotmail.com

Naresuan Phayao J. 2020;14(1): 88-95.

Received; 30 September 2020; Revised: 22 November 2020; Accepted: 7 April 2021

บทคัดย่อ

ประโยชน์ต่อสุขภาพของลิ้นจี่ได้รับการยอมรับเนื่องมาจากส่วนประกอบทางโภชนาการที่หลากหลาย โดยเฉพาะพอลิแซ็กคาไรด์และพอลิฟีนอลที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามียุทธวิธีทางชีวภาพหลายอย่าง งานวิจัยนี้ศึกษาเนื้อและเปลือกของลิ้นจี่ตกรีด (*Litchi chinensis* Sonn.) พันธุ์ฮงฮวยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักน้ำส้มสายชู วัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อวิเคราะห์อัตราส่วนที่เหมาะสมของเนื้อและเปลือกของลิ้นจี่ต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของเนื้อและเปลือกลิ้นจี่คือ 1:3 โดยปริมาตร โดยมีปริมาณกรดอะซิติกและแอลกอฮอล์เท่ากับร้อยละ 1.98 และร้อยละ 0.3 ตามลำดับ การเสริมด้วยเปลือกลิ้นจี่ทำให้ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูงขึ้น สอดคล้องกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในสภาวะที่มีเนื้อหรือเปลือกลิ้นจี่เพียงอย่างเดียวจะได้น้ำส้มสายชูหมักลิ้นจี่ที่มีความสว่างมากกว่า ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ลิ้นจี่ตกรีดมีศักยภาพที่จะใช้ในการหมักน้ำส้มสายชูและนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพ

คำสำคัญ: ความสามารถต้านอนุมูลอิสระ, น้ำส้มสายชูหมัก, ฟีนอลิก, ฟลาโวนอยด์, ลิ้นจี่

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000² สาขาวิชาความปลอดภัยทางอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

The health benefits of lychee have been recognized to its wide range of nutritional components, among which polysaccharides and polyphenols have been proven to possess various biological activities. Low grade lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) cv. 'Hong Huay' pulp and peel were used as raw materials in vinegar fermentation. This study aimed to investigate the optimum ratio of lychee pulp and peel on the physicochemical properties, content of bioactive compounds and antioxidant capacities. The results showed that optimized ratio of lychee pulp and peel was 1:3 by volume which the amounts of acetic acid and alcohol were 1.98% and 0.3%, respectively. Supplementation with lychee peel resulted in higher contents of phenolic and flavonoid and in agreement with antioxidant capacities. The appearance of lychee fermented vinegar was more lightness in the conditions containing solely lychee pulp or peel. These results revealed that low grade lychee has the potential to be used in vinegar fermentation and applied further in the functional food industry.

Keywords: Antioxidant activity, Fermented vinegar, Phenolic, Flavonoid, Lychee

บทนำ

ลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn.) เป็นผลไม้ตามฤดูกาลและปลูกในเขตอากาศกึ่งร้อนที่มีการบริโภคและจำหน่ายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้อย่างแพร่หลาย ลิ้นจี่จัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจของประเทศไทยที่อุดมไปด้วยคุณภาพทางโภชนาการและคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ พันธุ์ลิ้นจี่ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดพะเยานั้นประมาณร้อยละ 90 เป็นพันธุ์ฮวงฮวย ที่เหลือเป็นพันธุ์นครพนม 1 พันธุ์โอวเฮียะ พันธุ์ค่อม พันธุ์จักรพรรดิ และพันธุ์กิมเจิง (ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักประชาสัมพันธ์เขต 3 จังหวัดเชียงใหม่) ส่วนประกอบที่สำคัญในผลลิ้นจี่ประกอบด้วย น้ำร้อยละ 77-87 โปรตีนร้อยละ 0.8-0.9 ไขมันน้อยกว่าร้อยละ 1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ร้อยละ 14.0-20.3 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 15.3 และส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ถึงร้อยละ 70 โดยน้ำตาลที่พบมากได้แก่ ซูโครส ฟรุคโตสและกลูโคส [1] อย่างไรก็ตาม ลิ้นจี่มีช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาสั้น จึงเป็นข้อจำกัดทางด้านการตลาด สาเหตุสำคัญที่ทำให้ลิ้นจี่เสื่อมสภาพและไม่เป็นที่ต้องการของตลาด เกิดจากการเน่าเสียเนื่องจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และหนอนเจาะขั้วผล รวมทั้งการสูญเสียน้ำที่ผิวเปลือกอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลลิ้นจี่แข็งและสีของเปลือกลิ้นจี่เปลี่ยนจากสีแดงไปเป็นสีเหลืองแกมน้ำตาลจนถึงสีน้ำตาลเข้ม [2] ส่งผลให้มีผลผลิตที่ตกเกรดหรือคัดทิ้ง

ตามข้อกำหนดคุณภาพของลิ้นจี่ในแง่ของสีและขนาดผล คิดเป็นปริมาณมากกว่า 1,000 ตันต่อปี หรือร้อยละ 20 ของผลผลิตทั้งหมดในพื้นที่จังหวัดพะเยา

กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ ระยะแรกเป็นการหมักโดยใช้ยีสต์เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ในสภาวะไร้อากาศ และระยะที่ 2 เป็นการออกซิไดส์แอลกอฮอล์เป็นกรดอะซิติกในสภาวะที่มีอากาศ โดยอาศัยแบคทีเรียอะซิติกแล้วนำของเหลวที่ได้ไปกรองหรือกลั่นเป็นผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชู โดยทั่วไปน้ำส้มสายชูสามารถผลิตได้จากผลไม้หลายชนิด ได้แก่ องุ่น แอปเปิล สับปะรด กล้วย และอื่นๆ น้ำส้มสายชูมีคุณประโยชน์หลายประการ จัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคในปัจจุบัน ได้แก่ การรับประทานน้ำส้มสายชูพร้อมกับการรับประทานอาหารเพื่อช่วยลดค่า Glycemic index (GI) หรือค่าดัชนีน้ำตาลในอาหาร ช่วยลดปริมาณของน้ำตาลกลูโคสและอินซูลิน ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวาน ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของหนูทดลอง และยังมีส่วนในการช่วยลดน้ำหนักเนื่องจากลดความอยากอาหาร เป็นต้น น้ำส้มสายชูที่ผลิตโดยใช้วัตถุดิบ สายพันธุ์ยีสต์ และขั้นตอนการหมักที่แตกต่างกัน จะทำให้มีกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์ สารระเหยหลักในน้ำส้มสายชูคือ กรดอะซิติก ซึ่งทำให้น้ำส้มสายชูมีกลิ่นและรสเปรี้ยวที่เข้มข้น ส่วนสารระเหยอื่นๆ ที่มีอยู่ในน้ำส้มสายชูได้แก่ แอลกอฮอล์

เอสเทอร์ อัลดีไฮด์และคีโตน เป็นต้น [3] ดังนั้น เพื่อลดปริมาณของเสียจากล้นจีตกเกรดโดยอาศัยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แนวทางหนึ่งคือ การเพิ่มมูลค่าของเหลือเหล่านั้นโดยการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมัก เนื่องจากมีข้อมูลงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า ล้นจีและส่วนต่างๆ ของล้นจีนั้นมีส่วนประกอบของสารให้ประโยชน์เชิงหน้าที่โดยเฉพาะกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและเภสัชวิทยาหลายชนิด [2, 4] เพื่อเสริมคุณค่าและกลิ่นรสของน้ำส้มสายชูหมักล้นจีให้โดดเด่นมากขึ้น

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะใช้ประโยชน์จากล้นจีตกเกรด โดยนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักสูตรผสมระหว่างเนื้อและเปลือกของล้นจีพันธุ์ฮงฮวย และทำการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพื่อให้ได้สูตร

น้ำส้มสายชูหมักล้นจีที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากล้นจีของชุมชน

วัสดุและวิธีการ

ล้นจีพันธุ์ฮงฮวยตกเกรดจากแหล่งปลูกเดียวกันในพื้นที่อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา นำมาล้างด้วยน้ำเปล่าให้สะอาด จากนั้นแกะแยกเนื้อ เปลือกและเมล็ด (รูป 1) ล้างด้วยน้ำเปล่าอีกครั้ง ทำให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำส่วนเนื้อและเปลือกแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ผสมแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นเวลา 5 นาที เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและเพิ่มความแน่นเนื้อของวัตถุดิบ ทำให้สะเด็ดน้ำอีกครั้ง ก่อนนำส่วนที่เป็นเนื้อหรือเปลือกแยกบรรจุใส่ถุงแล้วเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส



ผลล้นจีตกเกรด

เปลือก

เนื้อ

รูป 1 ลักษณะของล้นจีพันธุ์ฮงฮวยตกเกรด เปลือกและเนื้อของล้นจีที่ผ่านการเตรียมตัวอย่าง

เตรียมหัวเชื้อยีสต์ โดยดัดแปลงวิธีการของ Mahannopkul [5] นำเนื้อล้นจีมาปั่นผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร วัดค่าความหวานเริ่มต้นแล้วปรับให้ได้ 22 องศาบริกซ์ด้วยน้ำตาลทราย ทำการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเทใส่ฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 200 มิลลิลิตร ถ้ายีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5019 จำนวน 1 ลูกปกลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธีปราศจากเชื้อ นำไปเลี้ยงในตู้เขย่าควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนได้หัวเชื้อยีสต์ความเข้มข้น 1×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

เตรียมการหมักน้ำส้มสายชูหมักระยะที่ 1 โดยเตรียมน้ำล้นจีที่มีส่วนผสมของเนื้อล้นจี และน้ำล้นจีที่มีส่วนผสมของเปลือกล้นจี (ใช้วิธีการเตรียมเหมือนอาหารเลี้ยงหัวเชื้อยีสต์ข้างต้น) จากนั้นเตรียมน้ำล้นจีที่มีส่วนผสมระหว่างเนื้อและเปลือกของล้นจีในอัตราส่วน 1:0 (ควมคุม), 3:1, 1:1, 1:3 และ 0:1 โดยปริมาตรตามลำดับ (สูตรละ 3 ขั้ว) วัดค่าความหวาน 22 องศาบริกซ์ (ปรับด้วยน้ำตาลทราย) โดยใช้เครื่องวัดความหวาน (hand reflectometer) และวัดค่าความเป็นกรดต่างให้อยู่ในช่วง 3.5-4.5 (ปรับด้วยกรดซิตริก) โดยใช้เครื่อง pH meter ทำการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเทใส่ถังหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 5 ลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟด์

ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตรร้อยละ 0.15 ของปริมาตรน้ำล้นจีที่เตรียมไว้ ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน เติมห้วเชื้อที่เตรียมไว้ แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-10 วัน เก็บตัวอย่างน้ำหมักมากรองด้วยผ้าและกระดาษกรองเบอร์ 4 นำส่วนใสที่ได้มาวัดปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยชุดเครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์ (ebulliometer) ให้ปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 12.5-14 จากนั้นหยุดการเจริญของยีสต์โดยการเติมสารละลายเบนทาลีนและโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตรร้อยละ 0.15 ของปริมาตรไวน์ที่ได้

เตรียมหัวเชื้อแบคทีเรียอะซิติก โดยใช้ส่วนเนื้อล้นจีที่เตรียมไว้มานั่นผสมกับน้ำอัตราส่วน 1:2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร วัดค่าความหวานเริ่มต้นแล้วปรับให้ได้ 22 องศาบริกซ์ ด้วยน้ำตาลทราย ทำการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเทใส่พลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 200 มิลลิลิตร ถ้ายเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 354 จำนวน 1 ลูก ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธีปราศจากเชื้อ นำไปเลี้ยงในตู้เขย่าควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เตรียมการหมักน้ำส้มสายชูหมักกระยะที่ 2 โดยถ่ายหัวเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ลงในไวน์แต่ละทรีตเมนต์โดยวิธีปราศจากเชื้อในปริมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร ปิดฝาด้วยผ้าฆ่าเชื้อแล้ว เขย่าและนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-10 วัน กรองด้วยผ้าและกระดาษกรองเบอร์ 4 ทำการพาสเจอร์ไรส์น้ำส้มสายชูหมักที่ได้ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ในขวดบรรจุที่ปลอดเชื้อปิดฝา และทำให้เย็น จากนั้นนำไปตรวจสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ โดยวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ปริมาณกรดอะซิติก [6] ค่าความหวาน (องศาบริกซ์, °Brix) ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าสี L^* , a^* , b^* , Chroma และ Hue ด้วยเครื่อง Hunter LAB และวัดปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และวิเคราะห์ความสามารถต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS โดยดัดแปลงวิธีจาก Andrea

[7] และตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ด้วยเทคนิคทางจุลชีววิทยา

ทุกการทดลองทดลองซ้ำ (replication) 3 ครั้ง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ ANOVA วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละสิ่งทดลอง (multiple comparison) โดยวิธี Duncan's new Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ผลการศึกษา

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักน้ำส้มสายชู ผลพบว่า การเพิ่มสัดส่วนของเปลือกล้นจีในสูตรอัตราส่วน 3:1, 1:1, 1:3 และ 0:1 โดยปริมาตร มีผลทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มสายชูหมักเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะค่าความสว่าง (L^*) มีค่าลดลง การมีส่วนผสมของเนื้อและเปลือกล้นจีมีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนสูตรน้ำส้มสายชูหมักล้นจีที่มีเฉพาะส่วนเนื้อ (1:0) และส่วนเปลือกของล้นจี (0:1) อย่างใดอย่างหนึ่งจะมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับค่าเดคสี (Hue*) และค่าความอิ่มตัวของสี (chroma) ดังตาราง 1 เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติกและปริมาณแอลกอฮอล์ ผลพบว่า สูตรที่มีส่วนผสมของเปลือกล้นจีทั้ง 4 สูตรมีปริมาณกรดอะซิติกสูงกว่าสูตรที่ไม่มีเปลือกล้นจีอย่างมีนัยสำคัญ และสูตรที่มีส่วนผสมของเปลือกล้นจีมากกว่าร้อยละ 50 มีแนวโน้มทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์ลดลง ในขณะที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 2) ผลการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในน้ำส้มสายชูหมักล้นจีสูตรต่างๆ แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของเปลือกล้นจีที่เพิ่มขึ้นในสูตร มีแนวโน้มให้ตรวจพบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของน้ำส้มสายชูหมักล้นจี (ตาราง 3) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ พบว่า ไม่พบการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ และราในผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักล้นจีทุกสูตร

ตาราง 1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มสายชูหมักลิ้นจี่

Pulp:Peel	L*	a*	b*	chroma	Hue*
1:0	80.53 ± 10.1 ^a	1.63 ± 0.18 ^c	12.40 ± 0.63 ^b	12.51 ± 0.65 ^b	1.44 ± 0.01 ^a
3:1	51.94 ± 0.22 ^d	2.25 ± 0.03 ^b	2.19 ± 0.09 ^c	3.15 ± 0.04 ^c	0.77 ± 0.03 ^b
1:1	56.82 ± 0.22 ^c	2.84 ± 0.05 ^a	2.99 ± 0.18 ^c	4.13 ± 0.10 ^c	0.81 ± 0.04 ^b
1:3	65.86 ± 4.41 ^b	2.21 ± 0.05 ^b	3.21 ± 2.04 ^c	4.73 ± 0.26 ^c	0.71 ± 0.38 ^b
0:1	77.82 ± 3.38 ^a	0.25 ± 0.11 ^d	20.15 ± 4.02 ^a	20.18 ± 0.97 ^a	1.52 ± 0.04 ^a

หมายเหตุ: อักษร a, b, c, d ที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตาราง 2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมักลิ้นจี่

Pulp:Peel	%Acetic acid	%Alcohol	Total solid (°Brix)
1:0	0.29 ± 0.01 ^c	4.70 ± 0.00 ^a	6.27 ± 0.06 ^d
3:1	0.93 ± 0.03 ^b	4.16 ± 0.15 ^b	6.47 ± 0.06 ^d
1:1	1.93 ± 0.06 ^a	4.50 ± 0.20 ^a	8.80 ± 0.10 ^c
1:3	1.98 ± 1.10 ^a	0.30 ± 0.17 ^c	17.23 ± 0.29 ^a
0:1	1.98 ± 1.10 ^a	1.60 ± 0.10 ^c	13.33 ± 0.31 ^b

หมายเหตุ: อักษร a, b, c, d ที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตาราง 3 ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และความสามารถต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูหมักลิ้นจี่

Pulp:Peel	ฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อลิตร)	ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของเคอซีทินต่อลิตร)	ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ ABTS
1:0	99.63 ± 3.73 ^c	17.42 ± 1.56 ^c	46.65 ± 0.55 ^e
3:1	123.88 ± 1.87 ^{ab}	37.42 ± 4.22 ^b	58.15 ± 0.55 ^c
1:1	114.03 ± 0.82 ^b	35.87 ± 1.33 ^b	53.75 ± 0.15 ^d
1:3	146.72 ± 1.27 ^a	50.98 ± 1.78 ^a	67.80 ± 0.20 ^a
0:1	133.96 ± 2.69 ^{ab}	52.09 ± 1.56 ^a	65.45 ± 0.75 ^b

หมายเหตุ: อักษร a, b, c, d, e ที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

วิจารณ์

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักโดยใช้ลิ้นจี่ตกเกรดเป็นวัตถุดิบ และเพิ่มคุณค่าจากสารให้ประโยชน์เชิงหน้าที่ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในเปลือกของลิ้นจี่ ผลพบว่าสูตรผสมระหว่างเนื้อและเปลือกของลิ้นจี่ ทำให้คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์

น้ำส้มสายชูที่ได้เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม และยังส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้จากเปลือกลิ้นจี่เพิ่มขึ้นในสูตรโดยอาศัยน้ำและแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก

เป็นตัวทำลาย และกระบวนการหมักมีสภาวะความเป็นกรดเนื่องจากเชื้อได้ออกซิไดซ์แอลกอฮอล์เป็นกรดอะซิติก ทำให้ได้สารประกอบหรืออนุพันธ์ของสารดังกล่าวมาช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น [8] สอดคล้องกับผลการศึกษาส่วนของเนื้อ เปลือกและเมล็ดของลิ้นจี่ที่พบสารสำคัญในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ catechin, galocatechin, epicatechin, anthocyanin, proanthocyanidin รวมถึงวิตามินซีทำให้มีคุณสมบัติต้านมะเร็ง ด้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ และป้องกันภาวะไขมันในเลือดสูง [9] สีแดงของเปลือกลิ้นจี่เป็นสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่เรียกว่า แอนโทไซยานิน (anthocyanins) ซึ่งประกอบด้วยอนุพันธ์หลายชนิด โดยพบสาร cyanidin-3-rutinoside ในปริมาณมากกว่าร้อยละ 75 และสาร cyanidin-3-glucoside น้อยกว่าร้อยละ 17 รวมถึงสาร malvinidin-3-acetylglucoside น้อยกว่าร้อยละ 9 [10] การวิเคราะห์แยกสารสำคัญในเปลือกลิ้นจี่โดยศึกษาคุณสมบัติสารต้านอนุมูลอิสระ พบอนุพันธ์ที่สำคัญ 3 ชนิด ได้แก่ proanthocyanidin B4, proanthocyanidin B5 และ epicatechin เป็นต้น [11] ผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ของน้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้ จำนวน 23 ตัวอย่าง โดย Liu และคณะ [12] พบว่า ตัวอย่างน้ำส้มสายชูหมักที่นำมาวิเคราะห์นั้นมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 29.64-3,216.60 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อลิตร และปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 2.22-753.19 มิลลิกรัมสมมูลของเคอซิทินต่อลิตร และมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงสุดในน้ำส้มสายชูบัลซามิกจาก Modena (Galletti) น้ำส้มสายชูจากไวน์แดง (Kühne) และน้ำส้มสายชูจากไวน์แดง (Galletti) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า น้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และกรดอินทรีย์นั้นเป็นแหล่งที่ดีของสารต้านอนุมูลอิสระ ทั้งนี้ น้ำส้มสายชูหมักลิ้นจี่ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดใกล้เคียงกับตัวอย่างน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ล

ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักสูตรที่มีส่วนผสมของเปลือกลิ้นจี่มีปริมาณกรดอะซิติกสูงกว่า

น้ำส้มสายชูหมักสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และแปรผกผันกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตรวจวัดได้ อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมเพิ่มเติม โดยการศึกษาตัวแปรที่เป็นปัจจัยทางกายภาพซึ่งอาจส่งเสริมให้เชื้อ *Acetobacter aceti* มีการสังเคราะห์กรดอะซิติกเพิ่มมากขึ้น เช่น ชนิดของสารอาหาร อุณหภูมิ และความเร็วรอบในการเพาะเลี้ยง [13] อีกทั้งปริมาณของกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชูหมักลิ้นจี่ในการศึกษานี้ยังมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชูหมักจากวัตถุดิบชนิดอื่น Khaewsuan และคณะ [14] ศึกษาการผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักเพื่อสุขภาพจากน้ำเชื่อมเปลือกสับปะรด โดยปรับความเข้มข้นของเอทานอลเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 4 แล้วทำการหมักโดยใช้แบคทีเรีย *A. aceti* TISTR 102 และ *A. aceti* TISTR 103 หมักเป็นระยะเวลานาน 7 วัน ได้ปริมาณกรดอะซิติกสูงสุดร้อยละ 3.8 และ 3.2 ตามลำดับ สอดคล้องกับผลวิจัยของ Punyanunt และคณะ [15] ที่ศึกษาการหมักน้ำส้มสายชูจากน้ำคั้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยปรับให้มีความเข้มข้นของเอทานอลเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 6.5 แล้วทำการหมักด้วยแบคทีเรีย *A. aceti* TISTR 102 ระยะเวลา 7 วัน ได้ปริมาณกรดอะซิติกร้อยละ 5.44 Lapa และคณะ [16] พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกลอง โดยใช้แบคทีเรีย *A. aceti* TISTR 354 ด้วยวิธีการเขย่าให้อากาศเป็นระยะเวลา 3 วัน ได้ปริมาณกรดอะซิติกร้อยละ 5.48 ขณะที่ Boonsupa และคณะ [17] พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย 4 สายพันธุ์ ได้แก่ กล้วยน้ำว้า กล้วยหิน กล้วยไข่พระตะบอง และกล้วยพม่าแหกคุก โดยปรับความเข้มข้นของเอทานอลเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 6 แล้วทำการหมักโดยใช้แบคทีเรีย *Acetobacter pasteurianus* TISTR 521 ระยะเวลา 15 วัน น้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยน้ำว้ามีปริมาณกรดอะซิติกน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 2.27 และน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยพม่าแหกคุกมีปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุดคือร้อยละ 3.49 ทั้งนี้ ปริมาณของกรดอะซิติกที่ได้ยังต่ำกว่ามาตรฐาน อาจเกิดขึ้นเนื่องจากปัญหาในกระบวนการหมัก เช่น การมีชีวิตของแบคทีเรียอะซิติก หรือปริมาณออกซิเจนไม่

เพียงพอ หรือสารอาหารขาดแคลนในระหว่างการผลิตเป็นต้น Saitong และคณะ [18] ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำหวานจาก (Nipa sap) ด้วยแบคทีเรีย *A. aceti* TISTR 354 โดยใช้เทคนิคการหมักแบบ Surface Culture Fermentation (SCF) ที่มีการควบคุมสภาวะการหมักและอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสม ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักที่มีปริมาณกรดอะซิติกสูงถึงร้อยละ 6.20 แต่พบว่ามีค่าความสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงเมื่อเทียบกับวิธีการหมักแบบดั้งเดิม

องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการนำลิ้นจี่ตกเกรดที่มีปริมาณมากในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกลิ้นจี่ โดยนำมาแปรรูปเป็นน้ำส้มสายชูหมักซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถต่อยอดสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ นอกจากนี้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักระดับชุมชน ควรมีการควบคุมกระบวนการผลิตและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มสายชูหมัก มผช.326/2547 รวมทั้งการประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักลิ้นจี่จากผู้ทดสอบชิม เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยพะเยา ประจำปี พ.ศ. 2562 (รหัสโครงการ RD62001) ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และครุภัณฑ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Kadam SS, Deshpande SS. Lychee. In *Handbook of Fruit Science and Technology*. Salunkhe, DK and Kadam, SS (eds.) Basel, New York; 1995. p. 435-443.
2. Zhao L, Wang K, Wang K, Zhu J, Hu Z. Nutrient components, health benefits, and

safety of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.): A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2020;19(4):2139-2163.

3. Ho CW, Lazim AM, Fazry S, Zaki UKHH, Lim SJ. Varieties, production, composition, and health benefits of vinegars: A review. *Food Chem*. 2017;221:1621-1630.
4. Queiroz ER, Abreu CMP, Oliveira KS, Ramos VO, Fráguas RM. Bioactive phytochemicals and antioxidant activity in fresh and dried lychee fractions. *Rev Ciênc Agron*. 2015;46:163-169.
5. Mahannopkul W, Inprasit K. Banana cider production. *Bull Dept Sci Ser*. 2012;60(188):8-9.
6. AOAC. 2005. Official method of analysis. Association of Official Analytical Chemists. USA: Arlington, VA; 2005. 1015 p.
7. Andrea B, Olivia Dumitrita R, Adela MP, Zorîța S, Claudiu IB, Carmen S. Comparative polyphenolic content and antioxidant activities of some wild and cultivated blueberries from Romania. *Not Bot Hort Agrobot Clu*. 2011;39(2):70-76.
8. Su D, Zhang R, Hou F, Zhang M, Guo J, Huang F, Deng Y, Wei Z. Comparison of the free and bound phenolic profiles and cellular antioxidant activities of litchi pulp extracts from different solvents. *BMC Complement Altern Med*. 2014;14(1):9.
9. Sabrin RMI, Gamel AM. *Litchi chinensis*: medicinal uses, phytochemistry, and pharmacology. *J Ethnopharmacol*. 2015;174:492-513.
10. Rivera-Lopez J, Ordorica-Falomir C, Wesche-Ebeling P. Changes in anthocyanin concentration in Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during maturation. *Food Chem*. 1999;65:195-200.

11. Zhao M, Yang B, Wang J, Li B, Jiang Y. Identification of the major flavonoids from pericarp tissues of litchi fruits in relation to their antioxidant activities. *Food Chem.* 2006;98: 539–544.
12. Liu Q, Tang GY, Zhao CN, Gan RY, Li HB. Antioxidant activities, phenolic profiles, and organic acid contents of fruit vinegars. *Antioxidants* 2019;8:78.
13. Sharafi S, Rasooli I, Beheshti-Maal K. Isolation, characterization and optimization of indigenous acetic acid bacteria and evaluation of their preservation methods. *Iran J Microbiol.* 2010;2(1):38-45.
14. Khaewsuwan C, Teanchaitad N, Manorum S, Haohan N. Production of healthy vinegar drink from pineapple peel syrup. Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi; 2012. 65 p.
15. Punyanunt S, Phadungath C, Chalermksanyakon W. Development of pineapple wine and fermented pineapple vinegar from pineapple waste. Proceeding of the 6th Muban Chombueng Rajabhat National Conference; Ratchaburi: Muban Chombueng Rajabhat University; 2018. Mar 1; p. 454-461.
16. Lapa P, Chompreeda P, Haruthaithanasan V. Development of fermented vinegar from black glutinous brown rice process. *Agricultural Science Journal (Thailand)*. 2012;43(1):23-32.
17. Boonsupa W, Pimda W, Sreeninta K, Yodon C, Samorthong N, Bou-on B, Hemwiphat P. Development of fermented banana vinegar: chemical characterization and antioxidant activity. *JFHB*. 2019;12(1):21-27.
18. Saithong P, Nitipan S, Permpool J. Optimization of vinegar production from Nipa (*Nypa fruticans* Wurmb.) sap using surface culture fermentation process. *Appl Food Biotechnol.* 2019;6(3),193-200.