วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 28 ฉบับที่ 1 ม.ค.–มี.ค. 2561
The Journal of KMUTNB, Vol. 28, No. 1, Jan.–Mar. 2018

บทความวิจัย

การพัฒนาน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม

นริศรา คำคง และ สาวิตรี วทัญญูไพศาล*
ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปนิดา บรรจงสินศิริ และ เนาวพันธ์ ดลรุ้ง
ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-2555-2000 ต่อ 4722 อีเมล: savitri.v@sci.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.01.008
รับเมื่อ 17 ตุลาคม 2559 ตอบรับเมื่อ 11 เมษายน 2560 เผยแพร่ออนไลน์ 8 มกราคม 2561
© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการหมักน้ำส้มสายชูจากมะขามป้อม เริ่มด้วยการใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5019 นาน 2 วัน และหมักต่อด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter pasteurianus* TISTR 102 นาน 4 สัปดาห์ เพื่อให้ได้เป็นน้ำส้มสายชูหมักจากมะขามป้อม โดยหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำ 3 ระดับ คือ 1 : 1, 1 : 3 และ 2 : 1 ปริมาตรทั้งหมดเป็น 3,000 มิลลิลิตร พบว่าที่อัตราส่วน 1 : 1 ได้ปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณเอทานอลสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 2.97 และ 1.35 กรัมต่อลิตร (0.135%) ตามลำดับ จากนั้นนำไปพัฒนาเป็นน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม โดยนำน้ำหมักที่ได้จากแต่ละอัตราส่วนมาผสมกับน้ำผึ้ง น้ำและกรดซิตริก นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า อัตราส่วน 1 : 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด จึงใช้เป็นสูตรมาตรฐานในการปรับเปลี่ยนสารให้ความหวาน (น้ำผึ้ง น้ำตาลฟรักโทส และน้ำหวานดอกมะพร้าว) ร้อยละ 10, 13 และ 16 และปริมาณของกรดซิตริก (ร้อยละ 0.03, 0.06 และ 0.09) เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสม โดยสูตรที่ได้คะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบสูงสุด ประกอบด้วย น้ำหมักมะขามป้อม 8% น้ำผึ้ง 13% กรดซิตริก 0.06% และน้ำ 78% มีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 3.25 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด เท่ากับ 12.43 ปริมาณกรดในรูปของกรดอะซิติก เท่ากับ 0.55% ปริมาณเอทานอลเหลืออยู่ เท่ากับ 0.08 กรัมต่อลิตร (หรือ 0.008%) ค่าสี a*, b* และ L* เท่ากับ 1.54±0.05, –0.03±0.05 และ 23.72±0.13 ตามลำดับ มีปริมาณวิตามินซีค่อนข้างสูงคือ 68.19 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระลงครึ่งหนึ่ง (IC 50) เท่ากับ 0.11 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 1.69 มิลลิกรัม กรดกาลิค/มิลลิลิตร ส่วนข้อมูลทางโภชนาการ 1 หน่วยบริโภค (200 มิลลิลิตร) ให้พลังงาน 100 กิโลแคลอรี่ และเหล็ก 4% ของปริมาณที่แนะนำต่อวันสำหรับคนไทย มีต้นทุน 19.28 บาท ต่อ 1 หน่วยบริโภค นอกจากนี้ไม่พบการเจริญของแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา ในน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มที่เก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: มะขามป้อม, น้ำไซเดอร์, น้ำส้มสายชูหมัก, น้ำมะขามป้อมหมักพร้อมดื่ม

การอ้างอิงบทความ: นริศรา คำคง สาวิตรี วทัญญูไพศาล ปนิดา บรรจงสินศิริ และ เนาวพันธ์ ดลรุ้ง, "การพัฒนาน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,* ปีที่ 28, ฉบับที่ 1, หน้า 163–174, ม.ค.–มี.ค. 2561.

-17-0000(163-174)P5.indd 163 4/18/61 BE 3:13 PM

Research Article

Development of Vinegar Drink from Fermented Indian Gooseberry

Narisara Kumkong and Savitri Vatanyoopaisarn*

Department Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand

Panida Banjongsinsiri and Nowwapan Donrung

Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0-2555-2000 ext. 4722, E-mail: savitri.v@sci.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.01.008

Received 17 October 2016; Accepted 11 April 2017; Published online: 8 January 2018

© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This research studied the fermentation of Indian gooseberry by *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5019 for 2 days, followed by *Acetobacter pasteurianus* TISTR 102 for 4 weeks in order to obtain Indian gooseberry vinegar. Three ratios of Indian gooseberry fruit and water (1 : 1, 1 : 3 and 2 : 1) in the total volume of 3000 mL were investigated. The results showed that the ratio of fruit to water at 1 : 1 had the highest ethanol and total acidity equal to 1.35 g/l (0.135%) and 2.97%, respectively. The Indian gooseberry cider beverage was further developed from the fermented vinegar by mixing with citric acid, honey and water. Sensory evauation showed that the beverage using fermented juice at the ratio of 1 : 1 obtained the most acceptability from the panelists. The further development was carried out by varying the percentage of different sweeteners (honey, sugar, fructose and coconut syrup) 10, 13 and 16%, as well as three levels of citric acid (0.03, 0.06 and 0.09%). The organoleptic tests revealed that the formula contained 8% Indian gooseberry vinegar, 13% honey, 0.06% citric acid and 78% water received the highest scores of overall acceptance and taste. The drink had pH 3.25 and 12.43% of total soluble solids. The total acidity (acetic acid equivalent) was 0.55%, and 0.08 g/l (0.008%) ethanol left. The colour values of a*, b* and L* were 1.54±0.05, –0.03±0.05 and 23.72±0.13, respectively. Vitamin C content was 68.19 mg/100 g. The antioxidant ability measured in terms of IC50 was 0.11. The phenolic compounds were 1.69 mg GAE/mL. Nutritional value of 200 mL (per 1 serving) was 100 Kcal and contained 4% iron according to recommended Thai daily intake (RDI). The cost per serving was 19.28 Baht. Growth of bacteria, yeast and mold were not found throughout the storage duration of 4 weeks at 4°C.

Keywords: Indian Gooseberry, Cider, Vinegar, Beverage, *Acetobacter*

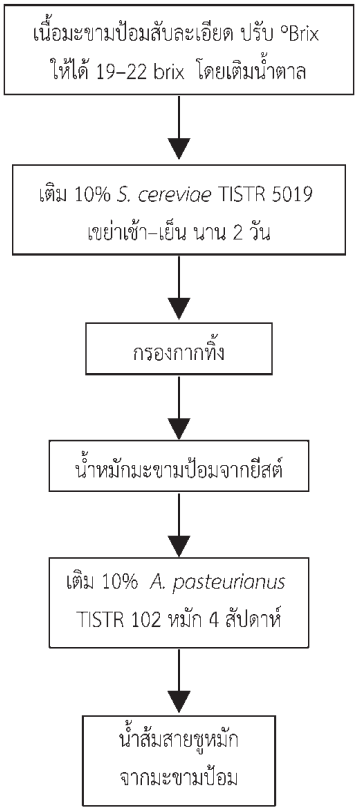
Please cite this article as: N. Kumkong, S. Vatanyoopaisarn, P. Banjongsinsiri, and N. Donrung "Development of vinegar drink from fermented indian gooseberry," *The Journal of KMUTNB,* vol. 28, no. 1, pp. 163–174, Jan.–Mar. 2018 (in Thai).

-17-0000(163-174)P5.indd 164 4/18/61 BE 3:13 PM

1. บทนำ

มะขามป้อม *(Phyllanthus emblica* Linn*)* เป็นพืชที่มีการกระจายพันธุ์ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ [1] ในประเทศไทยมีในแถบจังหวัดราชบุรี ปราจีนบุรี จันทบุรี แม่ฮ่องสอน มะขามป้อมเป็นผลไม้ที่มีการใช้ประโยชน์มายาวนานในการเป็นตำรับสมุนไพรรักษาโรค อาทิ รักษาอาการท้องร่วง [2] ต้านการอักเสบ [3] มีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น *gallic acid, mucic acid, phylemlic acid, ellagic acid, ascorbic acid* และอื่นๆ [1], [4], [5]. ในผลมะขามป้อมสด 100 กรัม มีวิตามินซีสูงถึง 276 มิลลิกรัม มีแร่ธาตุ วิตามินอื่นๆ ได้แก่ แคลเซียม 29 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 21 มิลลิกรัม เหล็ก 0.5 มิลลิกรัม วิตามินเอ 100 หน่วยสากล ไนอะซิน 0.2 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 และบี 2 มี 0.03 และ 0.04 มิลลิกรัม ตามลำดับ [6]

คนรุ่นใหม่หันมาใส่ใจในเรื่องของสุขภาพกันมากขึ้น โดยเฉพาะเรื่องของอาหาร การรับประทานอาหารสุขภาพและน้ำหมักจากผักผลไม้เป็นที่นิยมมากในต่างประเทศและแพร่หลายมาจนถึงประเทศไทย น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิล (Apple Cider Vinegar) โดยกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ในต่างประเทศใช้แอปเปิลเป็นวัตถุดิบหลักในการหมัก โดยขั้นแรกยีสต์ทำหน้าที่หมักให้ได้แอลกอฮอล์จากนั้นแบคทีเรียจึงทำหน้าที่เปลี่ยนแอลกอฮอล์ไปเป็นกรดอะซิติก น้ำหมักที่ได้จึงให้ประโยชน์มากมายหลายด้าน เช่น มีผลต่อการลดน้ำหนักเนื่องจากช่วยลดความอยากอาหาร [7] มีผลในการช่วยเพิ่มพื้นที่ว่างในกระเพาะอาหาร ทำให้กระเพาะอาหารทำงานได้เพิ่มขึ้น [8] เป็นต้น จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า เครื่องดื่มที่ผสมน้ำแอปเปิลไซเดอร์ที่วางจำหน่ายในร้านสะดวกซื้อมีราคาจำหน่ายที่ 35–45 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร แม้มะขามป้อมจะมีคุณประโยชน์มากดังกล่าวแล้ว แต่มีรสฝาด และค่อนข้างขมมากจึงไม่นิยมรับประทานผลสด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำมะขามป้อมมาหมักให้ได้น้ำส้มสายชูเพื่อให้มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิล และนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์น้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม เพื่อให้รับประทานได้ง่าย และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่มะขามป้อมอีกทางหนึ่ง



รูปที่ 1 การหมักน้ำส้มสายชูจากมะขามป้อม

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 การหมักน้ำหมักจากมะขามป้อม

การหมักน้ำมะขามป้อมทำตามวิธีของ Chatanon *et al.* [9] ซึ่งมีขั้นตอนดังรูปที่ 1 ดังนี้ นำเนื้อมะขามป้อมสับละเอียด มาปรับความเข้มข้นของความหวาน (°Brix) โดยการต้มน้ำให้เดือดแล้วใส่น้ำตาลทรายที่ได้จากการคำนวณ (ดังที่แสดงในตารางที่ 1) ลงไปคนให้ละลาย แล้วใส่เนื้อมะขามป้อมลงไปผสมกับน้ำตาลทรายต้มต่อจนมีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที รอให้อุณหภูมิลดลงแล้ววัดปริมาณของแข็งที่มีความหวานที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix) ให้ได้ประมาณ 19–22 °Brix แล้วบรรจุใส่ขวดรูปชมพู่ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว หลังจากนั้นเติมเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* TISTR 5019 (10% v/v) แล้วปิดจุกสำลีจากนั้นหมักที่อุณหภูมิห้อง เขย่าขวดรูปชมพู่เช้าและเย็นนาน 2–3 วัน วิเคราะห์ค่าทางเคมีโดย

-17-0000(163-174)P5.indd 165 4/18/61 BE 3:13 PM

การวัด °Brix เมื่อมีค่าเท่ากับ 6–13 °Brix จึงยุติการหมัก นำมากรองกากมะขามป้อมออก นำน้ำหมักมะขามป้อมที่ได้ใส่ในขวดโหลที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เติมเชื้อแบคทีเรีย *A. pasteurianus* TISTR 102 (10% v/v) แล้วปิดปากขวดโหลด้วยผ้าขาวบาง 2–3 ชั้น จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 4 สัปดาห์ วิเคราะห์ตัวอย่างทุก 7 วัน ทำการยุติการหมักเมื่อน้ำหมักมีปริมาณกรดในรูปของกรดอะซิติก เท่ากับ 3–4%

ตารางที่ 1 สัดส่วนของส่วนประกอบที่ใช้หมักน้ำหมักมะขามป้อมปริมาตรทั้งหมด 3,000 มิลลิลิตร

สัดส่วนของเนื้อต่อน้ำ	เนื้อะขามป้อม (กรัม)	น้ำ (กรัม)	น้ำตาลทราย (กรัม)
1 : 1	1,278.95	1,278.95	442.11
1 : 3	639.47	1,918.42	442.11
2 : 1	1,705.26	852.63	442.11

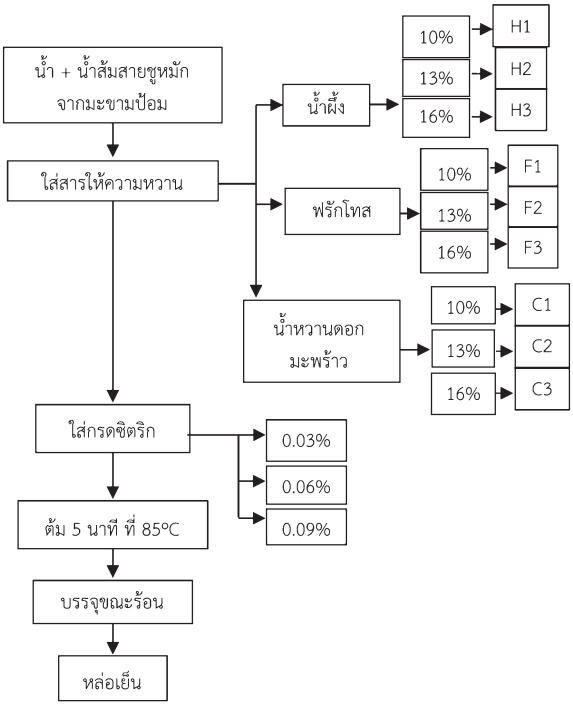
2.2 การเตรียมน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม

นำน้ำหมักมะขามป้อมที่ได้ข้างต้นมาต้มให้เดือด เติมน้ำดื่มคนให้เข้ากัน ปรับเปลี่ยนการเติมสารให้ความหวานชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำผึ้ง น้ำตาลฟรุกโตส และน้ำหวานดอกมะพร้าว (ร้อยละ 10, 13 และ 16) คนให้เข้ากัน จากนั้นเติมกรดซิตริก (โดยมีการผันแปร 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.03, 0.06 และ 0.09) คนให้ละลาย ต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที บรรจุลงขวดแก้วในขณะร้อน ปิดฝาขวดแล้วนำไปให้ความร้อนโดยกระบวนการพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำการหล่อเย็นด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 2

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพและทางจุลชีววิทยา

2.3.1 วัดค่าความเป็นกรด-เบส โดยเครื่อง pH Meter (Mettler Toledo รุ่น Seven easy, Schwerzenbach, Switzerland) ใช้ตัวอย่างปริมาตร 20 มิลลิลิตร

2.3.2 วัดปริมาณของแข็งที่มีความหวานทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (°Brix) ด้วยเครื่อง Digital Hand Held Pocket



รูปที่ 2 ขั้นตอนการผลิตน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม ค่าปริมาณและชนิดของสารให้ความหวานที่และปริมาณของกรดซิตริกที่ทดสอบ

Refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น PAL-3 (Tokyo, Japan)

2.3.3 วัดปริมาณกรดในรูปของกรดอะซิติก [% titratable acidity (Acetic Acid Equivalent)] โดยนำตัวอย่างไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล (AOAC, 2000 Method 986.13) [10]

2.3.4 วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีทั้งหมดโดยวิธีการไทเทรตด้วย 2,6-dichlophenol-indophenol (AOAC, 2012 Methods 967.21) [11]

2.3.5 วิเคราะห์ปริมาณเอทานอล โดยใช้ชุดทดสอบ Ethanol Assay Kit (บริษัท Megazyme, Wicklow, Ireland)

2.3.6 วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH เมื่อได้ %DPPH หรือความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง แล้วนำมาพลอตเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน เพื่อหาค่า IC50 หรือความเข้มข้น

-17-0000(163-174)P5.indd 166 4/18/61 BE 3:13 PM

ของตัวอย่างที่ทำให้ %DPPH ลดลง 50% [12]

2.3.7 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยวิธี Folin-Ciocalteu [13] โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานของ Gallic Acid

2.3.8 วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสียี่ห้อ Minolta รุ่น CR-310 (Osaka, Japan) โดยนำน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มปริมาณ 20 มิลลิลิตร วัดค่าตัวอย่าง 3 ครั้ง อ่านค่า L* a* และ b* โดยที่ L* = 0 หมายถึง มืด L* = 100 หมายถึง สว่าง ค่า a*เป็น + หมายถึง สีแดง และ a* เป็น – หมายถึง สีเขียว ค่า b* เป็น + หมายถึง สีเหลือง และ b* เป็น – หมายถึง สีน้ำเงิน

2.3.9 การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรีย (Aerobic Plate Count) ตามวิธีการใน Bacteriological Analytical Manual [14] และยีสต์และราทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) [15]

2.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Preference Test โดยใช้ 7-pointed Hedonic Scale คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมาก และคะแนน 7 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน

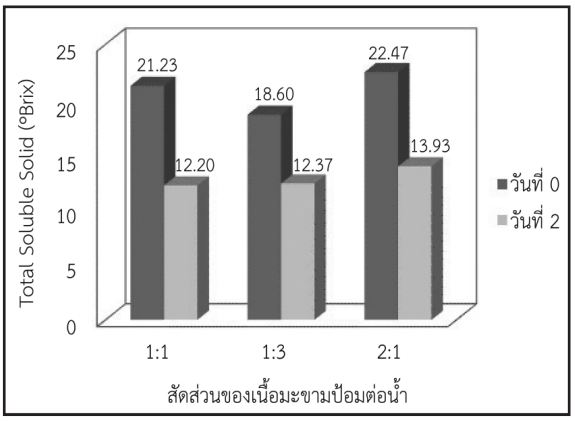
2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

แปรผลข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านต่างๆ ด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple's Range Test) และเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการเก็บรักษานาน 30 วัน ด้วย T-test

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

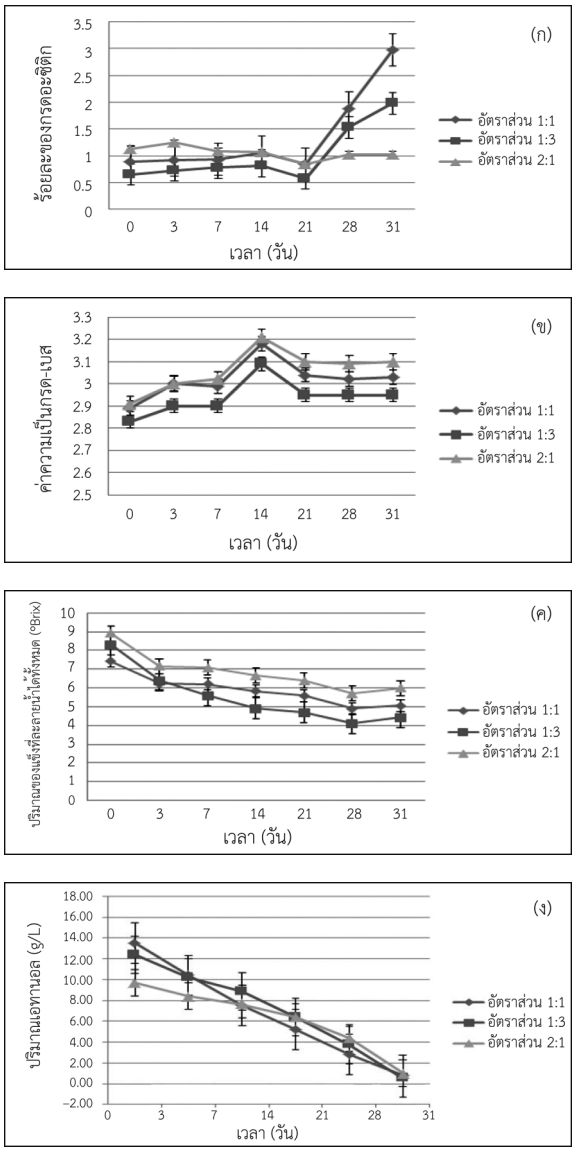
3.1 ศึกษาสัดส่วนระหว่างเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำในการหมักกรดน้ำส้ม

จากการทดลองผันแปรสัดส่วนของเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำเชื่อมเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1 : 1, 1 : 3 และ 2 : 1 เมื่อหมักในขั้นตอนแรกโดยใช้ *S. cerevisiae* TISTR 5019 พบว่าเมื่อใช้เวลาการหมัก 2 วัน น้ำหมักมีค่าปริมาณของแข็งที่มีความหวานทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ดังที่แสดงในรูปที่ 3 โดยสัดส่วนของเนื้อต่อน้ำ 1 : 1 มีการใช้น้ำตาลไปมากที่สุด เนื่องจากพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดถูกใช้ไป 9.03 °Brix ในขณะที่สัดส่วน 1 : 3 และ 2 : 1 ถูกใช้ไป 6.23 °Brix และ 8.54 °Brix ตามลำดับ และอัตราส่วน 1 : 1 มีปริมาณเอทานอลสูงสุดอยู่ที่ 13.5 กรัมต่อลิตร เมื่อนำน้ำหมักไปเติมเชื้อแบคทีเรีย *A. pasteurianus* TISTR 102 และหมักต่อที่อุณหภูมิห้อง 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นหลังหมักเป็นเวลา 21 วัน ซึ่งสัดส่วน 1 : 1 และ 1 : 3 มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องชัดเจนจนได้ร้อยละ 2.97 และ 1.98 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสัดส่วน 2 : 1 ปริมาณกรดไม่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก [รูปที่ 4 (ก)] ส่วนค่าความเป็นกรด–เบส กลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (0.2) [รูปที่ 4 (ข)] ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องใกล้เคียงกันทุกอัตราส่วน [รูปที่ 4 (ค)] เช่นเดียวกับปริมาณเอทานอลที่ลดลงอย่างต่อเนื่องทุกสัปดาห์ดังแสดงในรูปที่ 4 (ง) นอกจากนี้ในทางทฤษฎีแล้วเอทานอล 1 กรัม สามารถถูกแบคทีเรียเปลี่ยนไปเป็นกรดอะซิติกได้สูงสุด 1.3 กรัม ในสภาวะที่มีออกซิเจน [16]



รูปที่ 3 ค่าปริมาณของแข็งที่มีความหวานทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของน้ำมะขามป้อมหลังหมักด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* TISTR 5019 นาน 2 วัน

-17-0000(163-174)P5.indd 167 4/18/61 BE 3:13 PM



รูปที่ 4 ร้อยละของกรดอะซิติก (ก) ค่าความเป็นกรด–เบส (ข) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (ค) และปริมาณเอทานอลในน้ำหมักมะขามป้อม (ง) เมื่อหมักปริมาตร 3,000 มิลลิลิตร นาน 31 วัน

ดังนั้นจากปริมาณเอทานอลเริ่มต้นที่มีอยู่ในช่วง 9.7–13.5 กรัมต่อลิตร ทำให้ในทางทฤษฎีแล้วปริมาณกรดอะซิติกที่จะเป็นไปได้สูงสุดในการหมักมะขามป้อมนี้ คือ 12.61–17.55 กรัมต่อลิตร

มะขามป้อมมีรสฝาดและมีสารประกอบที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้หลายชนิด [17] การใช้สัดส่วนของเนื้อมะขามป้อมสูงอาจไปมีผลชลอการเจริญของแบคทีเรียในการสร้างกรดอะซิติกทำให้สัดส่วน 2 : 1 ปริมาณกรดอะซิติกจึงไม่เพิ่มขึ้น ในขณะที่เอทานอลยังถูกใช้ไปเพื่อการสร้างพลังงานให้แก่เซลล์

3.2 การพัฒนาสูตรและศึกษาสารให้ความหวานและปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม

ในการคัดเลือกสูตรต้นแบบ ได้ทำการวิเคราะห์ค่าทางเคมีและกายภาพของน้ำแอปเปิลไซเดอร์พร้อมดื่มที่มีจำหน่ายในท้องตลาด 2 ยี่ห้อ (A และ B) พบว่า น้ำแอปเปิลไซเดอร์พร้อมดื่มทั้ง 2 ยี่ห้อ มีค่าความเป็นกรด–เบส ปริมาณของแข็งที่มีความหวานทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และร้อยละของกรดอะซิติก อยู่ในช่วง 2.90–3.28, 10.97–14.20 °Brix และ 0.68–0.79 ตามลำดับ และสี a* b* และ L* อยู่ในช่วง 1.50-2.04, –2.20 ถึง –1.14 และ 23.02–24.86 ผู้วิจัยจึงเลือกสูตรต้นแบบตามผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 5 (ระดับความชอบเล็กน้อย) และตามสีของผลิตภัณฑ์ที่มีสีเหลืองใกล้เคียงกับน้ำหมักมะขามป้อมมาใช้ในการพัฒนาสูตร โดยน้ำหมักมะขามป้อมที่มีสัดส่วนของเนื้อต่อน้ำ 1 : 1 ได้ถูกเลือกมาใช้ในการผลิตน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม เนื่องจากมีปริมาณกรดสูงที่สุด และมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดจากทุกอัตราส่วนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส (5.15 คะแนน) โดยมีสูตรพื้นฐานดังนี้ น้ำหมักมะขามป้อม (8%) กรดซิตริก สารให้ความหวาน (น้ำผึ้ง ฟรักโทส น้ำหวานดอกมะพร้าว) และน้ำ

3.2.1 ปริมาณน้ำผึ้งที่เหมาะสม

จากการทดลองปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำผึ้ง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 (H1), 13 (H2) และ 16 (H3) ในสูตรพื้นฐาน แล้วทำการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่า น้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มที่ผสมน้ำผึ้งร้อยละ 13 (H2) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 5.40 คะแนน หมายถึงชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยที่ลักษณะปรากฏ

-17-0000(163-174)P5.indd 168 4/18/61 BE 3:13 PM

สี ความเปรี้ยว รสชาติ (กลมกล่อม) และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างกับน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มที่ผสมน้ำผึ้งร้อยละ 10 และร้อยละ 16 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 น้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มที่ผสมน้ำผึ้งร้อยละ 13 (H2) มีค่าความเป็นกรด–เบส เท่ากับ 3.25±0.02 มีปริมาณของแข็งที่มีความหวานทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 12.43±0.05 °Brix มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดอะซิติก เท่ากับ 0.55±0.02% มีค่าสี L*, a และ b เท่ากับ 23.72±0.13 1.54±0.05 และ –0.03±0.05 ตามลำดับ

3.2.2 ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสที่เหมาะสม

ในการปรับระดับความหวานของน้ำหมักโดยใช้น้ำตาลฟรักโทส 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 (F1), 13 (F2) และ 16 (F3) พบว่า น้ำหมักมะขามป้อมที่ผสมน้ำตาลฟรักโทสร้อยละ 13 (F2) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด เท่ากับ 5.00 ซึ่งหมายถึง ชอบเล็กน้อย โดยที่ลักษณะปรากฏและรสชาติ (กลมกล่อม) ไม่แตกต่างกับน้ำหมักมะขามป้อมที่ผสมน้ำตาลฟรักโทส ร้อยละ 10 และ 16 น้ำหมักมะขามป้อมที่ผสมน้ำตาลฟรักโทสร้อยละ 13 (F2) มีค่าความเป็นกรด–เบส เท่ากับ 2.74±0.00 มีปริมาณของแข็งที่มีความหวานที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด เท่ากับ 13.23±0.174 °Brix มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดอะซิติก เท่ากับ 0.41±0.01% มีค่า สี L*, a*และ b* เท่ากับ 18.41±0.22, 1.41±0.05 และ 1.38±0.04 ตามลำดับ

3.2.3 ปริมาณน้ำหวานดอกมะพร้าวที่เหมาะสม

จากการศึกษาปริมาณน้ำหวานดอกมะพร้าว โดยการผสมน้ำหวานดอกมะพร้าว 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 (C1), 13 (C2) และ 16 (C3) พบว่า น้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มที่ผสมน้ำหวานดอกมะพร้าว ร้อยละ 13 (C2) มีความชอบโดยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 5.00 คะแนน หมายถึง ชอบเล็กน้อย โดยที่ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความหวาน ความเปรี้ยว รสชาติ และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างกับน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มที่ผสมน้ำหวานดอกมะพร้าว ร้อยละ 10 และร้อยละ 16 น้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มที่ผสมน้ำหวานดอกมะพร้าว ร้อยละ 13 (C2) มีค่าความเป็นกรด–เบส เท่ากับ 4.07±0.01% มีปริมาณของแข็งที่มีความหวานที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด เท่ากับ 10.57±0.81 °Brix มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดอะซิติก เท่ากับ 0.63±0.02% มีสีค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 17.81±0.05, 1.21±0.02 และ 1.62±0.06 ตามลำดับ

3.2.4 ปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสม

นอกจากนี้ยังได้ทดลองปรับเปลี่ยนกรดซิตริก 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.03, 0.06 และ 0.09 (เมื่อใช้น้ำผึ้งร้อยละ 13 เป็นสารให้ความหวาน) พบว่า น้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มที่ผสมกรดซิตริก ร้อยละ 0.06 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด เท่ากับ 6.00 คะแนน หมายถึง ชอบปานกลาง โดยที่สี กลิ่น รส ความหวาน ความเปรี้ยว และรสชาติ (กลมกล่อม) ไม่แตกต่างกับน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มที่ผสมกรดซิตริก ร้อยละ 0.03 และร้อยละ 0.09 น้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มที่ผสมกรดซิตริก ร้อยละ 0.06 มีค่าความเป็นกรด–เบส เท่ากับ 3.64±0.02 มีปริมาณของแข็งที่มีความหวานที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด เท่ากับ 11.76±0.04 °Brix มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดอะซิติก เท่ากับ 0.45±0.02% มีค่า L* (ความสว่าง) เท่ากับ 22.78±0.03, a* (สีแดง) เท่ากับ 1.63±0.06 และ b* (สีน้ำเงิน) เท่ากับ –0.01±0.05

3.3 ปริมาณเอทานอล ปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณเอทานอล ปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในผลิตภัณฑ์น้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มที่ได้คะแนนความชอบสูงสุดจากน้ำตาลแต่ละชนิด พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์คงเหลือในผลิตภัณฑ์มีน้อยมาก (0.008–0.013%)

ปริมาณวิตามินซี และสารประกอบฟีนอลยังคงเหลือค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับน้ำคั้นจากผลสดเนื่องจากเครื่องดื่มมีการใส่น้ำหมักมะขามป้อมลงไปเพียง 8% ส่วนค่า IC_{50} เป็นความเข้มข้นของตัวอย่างที่สามารถลดอนุมูลอิสระลงได้ร้อยละ 50 จากจำนวนของอนุมูลอิสระเริ่มต้น ดังนั้นในสูตรที่ใส่น้ำผึ้งจึงมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ น้ำผึ้งแม้เป็นสารให้ความหวานแต่มีส่วนผสมของสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดนอกจาก

-17-0000(163-174)P5.indd 169 4/18/61 BE 3:13 PM

สารประกอบฟีนอลแล้วยังมีกลุ่มวิตามิน K แคโรทินอยด์ และสารฟลาโวนอยด์ที่ต่อต้านอนุมูลอิสระได้เช่นกัน [18]

ตารางที่ 2 สารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอลกอฮอล์เหลือในน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม

สูตร	แอลกอฮอล์ (g/l)	วิตามินซี (mg/100g)	IC_{50}	สารประกอบฟีนอลิก (mgGAE/mL)
น้ำมะขามป้อมสด	–	137.77	2.38	9.19± 0.02
H2	0.08	68.19	0.11	1.69± 0.06
F2	0.13	68.01	3.74	4.35± 0.01
C2	0.13	44.97	1.36	2.10± 0.03

หมายเหตุ H2: น้ำไซเดอร์มะขามป้อมพร้อมดื่มสูตรที่ใช้น้ำผึ้งเป็นสารให้ความหวานร้อยละ 13

F2: น้ำไซเดอร์มะขามป้อมพร้อมดื่มสูตรที่ใช้ฟรักโทสเป็นสารให้ความหวานร้อยละ 13

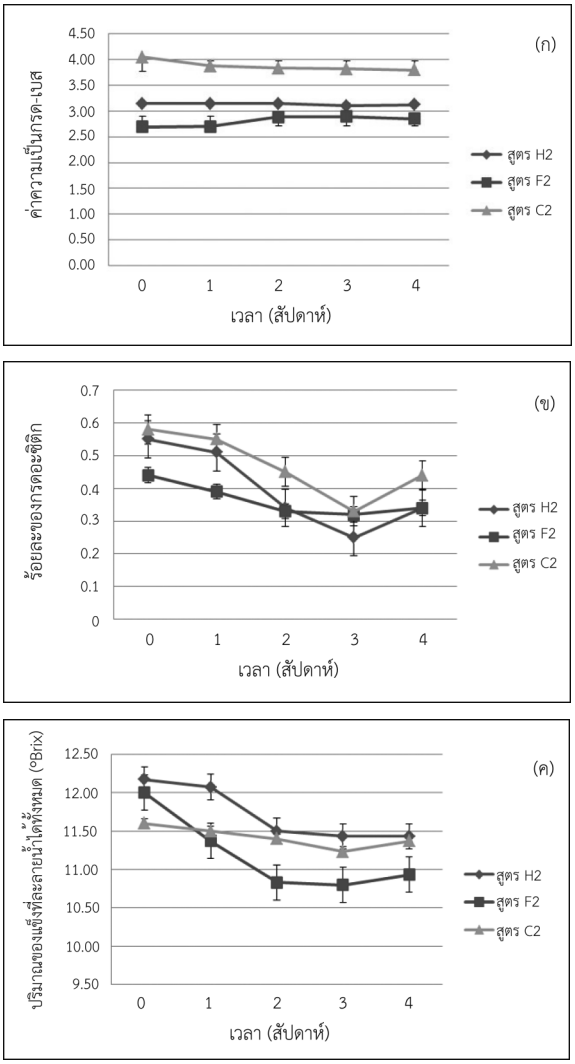
C2: น้ำไซเดอร์มะขามป้อมพร้อมดื่มสูตรที่ใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวเป็นสารให้ความหวานร้อยละ 13

ตัวเลขแสดงค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

3.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

เมื่อเก็บรักษาน้ำไซเดอร์มะขามป้อมพร้อมดื่ม สูตร H2 F2 และ C2 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ รา พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ รา ทั้งก่อนการเก็บรักษา (0 วัน) และหลังการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ (4 สัปดาห์) มีค่าน้อยกว่า 10 CFU/mL ซึ่งเป็นไปตามกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำมะขามป้อม มผช.487-2547

ในการตรวจสอบค่าความเป็นกรด–เบส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดอะซิติก แสดงดังรูปที่ 5 พบว่าเมื่อเก็บนาน 4 สัปดาห์ น้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มทั้ง 3 สูตร มีค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 2.85–3.79 [รูปที่ 5 (ก)] โดยที่แต่ละสูตร ปริมาณของของแข็งที่มีความหวานที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 10.93–11.43 °Brix [รูปที่ 5 (ค)] และร้อยละของกรดอะซิติกอยู่ในช่วง 0.3–0.44 [รูปที่ 5 (ข)] ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าลดลงเล็กน้อย และปริมาณของแข็งที่มีความหวานทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มี



รูปที่ 5 ค่าความเป็นกรด–เบส (ก) ร้อยละของกรดอะซิติก (ข) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (ค) ในน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มทั้ง 3 สูตร เมื่อเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์

ค่าลดลงทั้ง 3 สูตร นอกจากนี้ยังสังเกตว่าผลิตภัณฑ์มีตะกอนขุ่นอยู่ก้นขวดเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดจากการจับตัวของสารประกอบฟีนอลกับโปรตีนหรือโพลิแซคคาไรด์ของมะขามป้อมเซลล์แบคทีเรียที่ถูกทำให้ตายด้วยความร้อนก่อนบรรจุ การเกิดตะกอนจากสาเหตุดังกล่าวพบได้เช่นกันในน้ำแอปเปิลไซเดอร์ [19] การจับตัวเป็นตะกอนนี้อาจส่งผลให้

-17-0000(163-174)P5.indd 170 4/18/61 BE 3:13 PM

ตารางที่ 3 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม สูตรเติมน้ำผึ้ง 13% (H2) ฟรักโทส 13% (F2) และน้ำหวานดอกมะพร้าว 13% (C2)

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	วัน	คะแนน**		
		สูตร H2	สูตร F2	สูตร C2
ลักษณะปรากฏ	0	*6.40±0.49 ^{a}	*5.90±0.44 ^{c}	*6.05±0.80 ^{b}
	30 ^{ns}	*5.15±0.73	*4.95±0.80	*5.05±0.69
สี	0	6.10±0.62 ^{a}	5.90±0.30 ^{b}	5.95±0.86 ^{ab}
	30	5.60±0.49 ^{a}	4.45±0.97 ^{c}	5.25±0.79 ^{b}
กลิ่น	0	*5.35±0.79 ^{a}	4.90±0.54 ^{b}	4.80±1.40 ^{c}
	30	*4.90±0.62 ^{b}	5.60±0.58 ^{a}	4.45±0.94 ^{c}
ความหวาน	0	*5.35±0.73 ^{a}	*5.30±0.71 ^{ab}	4.70±1.35 ^{b}
	30	*5.10±0.77 ^{a}	*4.50±1.02 ^{b}	4.05±1.00 ^{c}
ความเปรี้ยว	0	*5.20±0.68 ^{a}	4.85±0.73 ^{b}	*4.60±1.20 ^{c}
	30	*4.75±0.83 ^{a}	4.35±0.79 ^{b}	*3.70±1.13 ^{c}
รสชาติ	0 ^{ns}	*5.05±0.74	4.80±0.40	*5.05±1.24
	30 ^{ns}	*4.70±0.95	4.50±0.74	*4.55±0.94
ความชอบโดยรวม	0	*5.40±0.58 ^{a}	5.00±0.32 ^{b}	*5.00±1.05 ^{c}
	30 ^{ns}	*5.00±0.89	4.80±0.60	*4.50±0.89

ข้อมูลแสดงค่าที่ได้เฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 20 คน ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a–c}$: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq .05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

^{ns} : ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq .05$) เมื่อเปรียบเทียบในแนวนอน

* : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบสูตรเดียวกันที่ 0 และ 30 วันด้วย T-test

** : คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมาก เรียงลำดับไปจนถึงคะแนน 7 หมายถึง ชอบมากที่สุด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลง

การวิเคราะห์ทางกายภาพโดยวัดค่าสีพบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 และ 4 ค่า a* (สีแดง) ค่า b* (สีเหลือง) และค่า L* (ความสว่าง) ของน้ำไซเดอร์มะขามป้อมพร้อมดื่มสูตร H2, F2 และ C2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq .05$)

ขณะที่ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม ที่มีอายุการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ทั้ง 3 สูตร พบว่า สูตร H2 มีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 5.00 คะแนน หมายถึง ชอบเล็กน้อย โดยที่ลักษณะปรากฏ รสชาติ (กลมกล่อม) และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกับน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม สูตร F2 และ C2 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq .05$) (ตารางที่ 3) เมื่อนำคะแนนที่ได้มาเปรียบเทียบกับก่อนเก็บรักษาพบว่า คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสส่วนใหญ่มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq .05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณกรดและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าลดลงจึงส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

สำหรับผลการตรวจสอบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดและยีสต์ราทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นและหลังจากเก็บนาน 4 สัปดาห์ พบว่าทุกสูตรมีจุลินทรีย์ < 10 CFU/mL

-17-0000(163-174)P5.indd 171 4/18/61 BE 3:13 PM

4. สรุป

การศึกษาอัตราส่วนระหว่างเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำเปล่าที่เหมาะสมต่อการหมักน้ำหมักมะขามป้อม 3 อัตราส่วน คือ 1 : 1, 1 : 3 และ 2 : 1 พบว่า อัตราส่วน 1 : 1 ได้ปริมาณกรดอะซิติกมากที่สุดเมื่อหมักที่ปริมาตรรวม 3,000 มิลลิลิตร โดยมีร้อยละของกรดอะซิติกเท่ากับ 2.97±0.01 มีปริมาณเอทานอลก่อนที่จะนำไปแปรรูป 0.50–1.1 กรัมต่อลิตร จึงมีความเหมาะสมในการนำไปแปรรูปเป็นน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม โดยมีการพัฒนาสูตรต้นแบบจากน้ำแอปเปิลไซเดอร์พร้อมดื่มที่มีจำหน่ายทางการค้า (ราคาขวดละ 45 บาท บรรจุ 200 มิลลิลิตร) โดยสูตรพื้นฐานใช้น้ำหมักมะขามป้อมที่ได้จากการหมักอัตราส่วนเนื้อต่อน้ำ 1 : 1 (8%) ผสมน้ำผึ้ง กรดซิตริก และมีการปรับเปลี่ยนสารให้ความหวาน 3 ชนิด คือ น้ำผึ้ง ฟรักโทส และน้ำหวานดอกมะพร้าว 3 ระดับ พบว่าการใส่สารให้ความหวาน ร้อยละ 13 และปริมาณกรดซิตริก ร้อยละ 0.06 ได้คะแนนความชอบโดยรวมจากผู้ชิมสูงสุดคือ ระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง สูตร H2 ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

โดยสูตร H2 ที่ใส่น้ำผึ้งร้อยละ13 มีค่าความเป็นกรด–เบส และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด อยู่ในช่วงเดียวกับน้ำแอปเปิลไซเดอร์พร้อมดื่มที่มีจำหน่ายในท้องตลาดอย่างไรก็ตามมีปริมาณกรดอะซิติกน้อยกว่าเล็กน้อยคือราวร้อยละ 0.2 ทำให้มีคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้ชิมสูงกว่าเล็กน้อย (ต้นแบบ = 5.00 สูตร H2 = 5.40) มีปริมาณเอทานอล วิตามินซี ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) และสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 0.08 กรัมต่อลิตร 68.19±0.23 mg/100g, 0.11 และ 1.69±0.06 mgGAE/mL ตามลำดับ

ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส คุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่ม สูตร H2, F2 และ C2 มีปริมาณความเป็นกรด–เบส ปริมาณของแข็งที่มีความหวานทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และค่า L*, a* และ b* ไม่แตกต่างกับก่อนศึกษาอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq .05$) การทดสอบทางประสาทสัมผัสหลังการเก็บรักษาพบว่า สูตร H2 ได้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด เท่ากับ 5.00±0.89 คะแนน มีคะแนนใกล้เคียงกับก่อนศึกษาอายุการเก็บรักษา และในการตรวจหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และราในอาหาร ก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าน้ำหมักมะขามป้อมพร้อมดื่มทั้ง 3 สูตร เป็นไปตามกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำมะขามป้อม มผช.487-2547 เมื่อวิเคราะข้อมูลทางโภชนาการพบว่า เครื่องดื่มสูตร H2 ให้พลังงาน 100 กิโลแคลอรี มีคาร์โบไฮเดรต 8% เหล็ก 4% ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทย เมื่อคำนวณต้นทุนพบว่า สูตร H2 มีต้นทุนวัตถุดิบต่อหน่วยบริโภค (200 มิลลิลิตร) 19.28 บาท

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณลาวัลย์ ชตานนท์ นักวิจัยศูนย์เชี่ยวชาญความหลากหลายทางชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ในความอนุเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก

เอกสารอ้างอิง

[1] W. Luo, M. Zhaoa, B. Yang, J. Ren, G. Shen, and G. Rao, "Antioxidant and antiproliferative capacities of phenolics purified from *Phyllanthus emblica L. fruit,*" *Food Chemistry,* vol. 126, no. 1, pp. 277–282, 2011.

[2] P. Rani and N. Khullar, "Antimicrobial evaluation of some medicinal plants for their anti-enteric potential against multi-drug resistant *Salmonella typhi*," *Journal of Phytotherapy Research,* vol. 18, no. 8, pp. 670–673, 2004.

[3] S. Sultana, S. Ahmed, S. Sharma, and T. Jahangir, "*Emblica officinalis* reverses thioacetamide-induced oxidative stress and early promotional events of primary hepatocarcinogenesis,"*Journal of Pharmacy and Pharmacology,* vol. 56, no. 12, pp. 1573–

-17-0000(163-174)P5.indd 172 4/18/61 BE 3:13 PM

1579, 2004.

[4] E. A. Poltanov, A. N. Shikov, H. J. Dorman, O. N. Pozharitskaya, V. G. Makarov, V. P. Tikhonov, and R. Hiltunen, "Chemical and antioxidant evaluation of Indian gooseberry (*Emblica officinalis Gaertn., syn. Phyllanthus emblica L.*) supplements," *Journal of Phytotherapy Research,* vol. 23, no. 9, pp. 1309–1315, 2009.

[5] Department of Medical Science, Ministry of Public Health, *Thai Herbal Pharmacopoeia, volume 2.* Bangkok: Prachachon Co., Ltd., pp.55–62, 2007.

[6] Nutrition Division, Ministry of Public Health, *Nutritive Values of Thai Foods.* Bangkok: The War Veterans Organization Press, 2001 (in Thai).

[7] E. Ostman, Y. Granfeldt, L. Persson, and I. Bjorck, "Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects," *European Journal of Clinical Nutrition,* vol. 59, no. 9, pp. 983–988, 2005.

[8] J. Hlebowicz, G. Darwiche, O. Bjorgell, and L-O. Almer. (2007, December). Effect of apple cider vinegar on delayed gastric emptying in patients with type I diabetes mellitus: A pilot study. *BMC Gastroenterology* [Online]. Available: http://www.bmcgastroenterol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-230X-7-46

[9] L. Chatanon, S. Moonmangmee, S. Trangwacharakul, P. Bunyapak, S. Palagawong Na Ayuthaya, K. Laohakul, and P. Bunjongsinsiri, *Research and Development Report on Value-added Products from Rambutan for Foods and Drinks,* Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 2012 (in Thai).

[10] A.O.A.C. *Official Methods of Analysis of AOAC International,* 17th ed. Association of Official Analytical Chemist, USA: Gaithersburg, MD, 2000.

[11] A.O.A.C. *Official Methods of Analysis of AOAC International,* 19th ed. Association of Official Analytical Chemist, USA: Gaithersburg, MD, 2012.

[12] T. Khunthajaroen, O. Kerdchoechuen, and and N. Laohakunjit, "Antioxidant capacity from peel and skin extracts of 'Cadinal' grape," *Agricultural Science Journal,* vol. 41, no. 3/1, pp. 617–620, 2010 (in Thai).

[13] V.L. Singleton and J.A. Rossi, "Colorimetry of total phenolics with phosphomolylodic-phosphotungstic acid reagent," *American Journal of Enology and Viticulture,* vol. 16, pp. 144–158, 1965.

[14] L. Maturin and J. T. Peeler. (2001, January). Bacteriological Analytical Manual: Aerobic plate count. U.S. Food and Drug Administration, Silver Spring, MD. [Online]. Available: http://www.fda.gov/ Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm2006949.htm

[15] L. R. Beuchat and M. A. Cousin, "Yeasts and molds," *in Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods,* 4th ed. Washington, DC: American Public Health Association, pp. 209–215, 2001.

[16] D. Thanaboripat, *Industrial Microbiology*. Bangkok:VJ Printing Dusanee, 2012 (in Thai).

[17] U. Nohor and Z. Ahmad, "Antimicrobial activity of *Phyllanthus emblica and Allium sativum:* Comparative analysis of antimicrobial

-17-0000(163-174)P5.indd 173 4/18/61 BE 3:13 PM

action of crude and ethanolic extract of these natural plant products," *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences,* vol. 4, no. 3, pp. 21–26, 2012.

[18] S. Bogdanov, T. Jurendic, R. Sieber, and P. Gallmann, "Honey for nutrition and health: A review," *American Journal of the College of Nutrition,* vol. 27, no. 6, pp. 677–689, 2008.

[19] A. Nogueira and G. Wosiacki, "Apple cider fermentation" In *Handbook of Plant-Based Fermented Food and Beverage Technology,* Boca Raton: CRC Press, 2012, pp. 209–235.

-17-0000(163-174)P5.indd 174 4/18/61 BE 3:13 PM