

การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มจากเปลือก สับปะรดที่เหลือทิ้งที่หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti*

TISTR 102 และ *Gluconobacter oxydans* TISTR 402

Nutritional Evaluation of Drinking Vinegar from Pineapple (Ananas comosus) Waste Fermented by *Acetobacter aceti* TISTR 102 and *Gluconobacter oxydans* TISTR 402.

ธนาวรรณ สุขเกษม¹ สมเพียร ฟักทอง² และ แสงจันทร์ สอนสว่าง³

Tanawan Sukkasem Sompain Fukthong and Sangjan Sonsawang

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มจากเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 102 และ *Gluconobacter oxydans* TISTR 402 โดยใช้เวลาในการหมัก 12 วัน จากนั้นนำมาศึกษาสูตรน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มที่มีส่วนผสมของสารให้ความหวานแตกต่างกัน 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 3% ได้แก่ น้ำตาลทราย น้ำตาลฟรุทโทส และกลูโคสไซรัป และนำมาวิเคราะห์คุณภาพของน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มทางเคมีกายภาพ จุลชีววิทยา และการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่าน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มทั้ง 6 สูตร มีลักษณะเป็นของเหลวใสสีเหลือง รสชาติเปรี้ยวอมหวาน และมีกลิ่นหมักอ่อน ๆ น้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มที่ผสมน้ำตาลฟรุทโทสจะมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด 37 มิลลิกรัม/ 100 มิลลิลิตร มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 3.8 องศาบริกซ์ แอลกอฮอล์ 3.43 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดอะซิติก 5.28 % พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 5.54 – 6.19 โคโลนีต่อมิลลิลิตร และไม่พบยีสต์ ราในน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มทั้ง 6 สูตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชู และผลิตภัณฑ์น้ำส้มพร้อมดื่ม (มผช.275/2547)

จากการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคด้วยวิธี 9 point hedonic scale พบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด คือ สูตรที่ 2 เป็นน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มที่หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 102 ผสมสารละลายฟรุทโทสเข้มข้น 3% จะมีคะแนนความชอบโดยรวม 8.07 ส่วนน้ำส้มสายชูหมักที่ผสมด้วยน้ำตาลทรายจะมีความชอบโดยรวมน้อยที่สุดเท่ากับ 5.5 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

¹ อาจารย์ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี E-mail : Tan_awan@hotmail.com โทรศัพท์ : 056-717100 ต่อ 2709

² เจ้าหน้าที่ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี E-mail : mai_bio45@hotmail.com โทรศัพท์ : 056-717100 ต่อ 2709

³ เจ้าหน้าที่ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี E-mail : sangjan@hotmail.com โทรศัพท์ : 056-717100 ต่อ 2709

คำสำคัญ : น้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่ม เปลือกสับปะรด คุณค่าทางโภชนาการ

Abstract

This research aims to study nutritional of drinking vinegar from pineapple (*Ananas comosus*) waste fermented by *Acetobacter aceti* TISTR 102 and *Gluconobacter oxydans* TISTR 402 for 12 days. Then that study formula of drinking vinegar to fermented 2 strain and mixed with sweetener 3 type as sucrose 3% , fructose syrup 3% and glucose syrup 3% to analyzed physical , chemical microbiological and sensory evaluation found that drinking vinegar 6 formula to have a clear yellow liquid , sweet and sour flavors and soft ferment. Chemical properties of drinking vinegar mixed with fructose syrup 3% have the highest vitamin c content about 37 mg/ml , total soluble solid 3.8 °Brix alcohol 3.43 °Brix of alcohol and the amount of citric acid 5.28% and total plate count have 5.54 – 6.19 cfu/ml and undetected yeast and mold in all drinking vinegar 6 formula which to followed the community standard of vinegar and drinking orange juice (275/2547).

Therefrom the sensory evaluation of consumer with 9 point hedonic scale method found that the formula has been the most accepted was formula 2 that drinking vinegar fermented with *Acetobacter aceti* TISTR 102 and mixed with fructose syrup 3% to have 8.07 overall likeness and drinking vinegar mixed with sucrose 3% have a minimum of 5.5 overall likeness, which was significantly different at the 0.05 level.

Keywords : Drinking Vinegar Pineapple (*Ananas comosus*) Waste Nutritional Evaluation

บทนำ

สับปะรด (*Ananas comosus*) เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีประโยชน์หลากหลาย ซึ่งส่วนใหญ่ผู้บริโภคนิยมรับประทานสับปะรดในรูปแบบต่าง ๆ อาทิ เช่น น้ำสับปะรด สับปะรดไลต์ สับปะรดบรรจุกระป๋อง แยมสับปะรด สับปะรดกวน ฯลฯ ซึ่งผลิตภัณฑ์สับปะรดที่นิยมรับประทานส่วนใหญ่ต้องผ่านกระบวนการแปรรูปในการตัดแต่งส่วนที่ไม่ใช้ทิ้งไปโดยเฉพาะส่วนที่เป็นเปลือก จึงทำให้เปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสับปะรดมีเปลือกสับปะรดเหลือทิ้งเป็นปริมาณมากและส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากส่วนของเปลือกจะเป็นขยะมูลฝอย และเป็นสารที่เกิดกระบวนการหมักได้ง่ายทำให้เกิดกลิ่นเหม็น หากปล่อยทิ้งไว้จะส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดมลภาวะได้ ซึ่งเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าของเสียที่เหลือจากการแปรรูปน้ำสับปะรดและจากการตัดแต่งผลไม้แปรรูปจึงมีความเหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักเนื่องจากมีปริมาณน้ำ และน้ำตาลสูง น้ำสับปะรดมีสีเหลือง ค่อนข้างใส มีกลิ่นหอมเฉพาะ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการนำเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งมาเพิ่มมูลค่าโดยแปรรูปเป็นน้ำส้มสายชูหมักจากธรรมชาติเพื่อใช้เป็นเครื่องปรุงแต่งรสชาติอาหาร เติมน้ำสลัด หรือผัดกวน และนอกจากนี้ น้ำส้มสายชูยังสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มได้อีกทางหนึ่งเพื่อสนองต่อความต้องการของตลาดกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพซึ่งเพิ่มขึ้นมากในปัจจุบัน เนื่องด้วยน้ำส้มสายชูหมักมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากช่วยให้ระบบ

ต่าง ๆ ในร่างกายดีขึ้นแล้วยังช่วยให้กระปรีกระเปร่าอีกด้วย โดยนำน้ำส้มสายชูหมักที่ได้มาผสมกับส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น น้ำผึ้ง และน้ำผลไม้จะได้ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่ม (มาลัย บุญรัตนกรกิจ และคณะ, 2549) ซึ่งน้ำส้มสายชูหมักมีกลิ่นหอมและรสชาติที่ดี มีสีสวย ซึ่งกลิ่นหอมของน้ำส้มสายชูเกิดจากกระบวนการหมักและกลิ่นรสชาติจะดีขึ้นเมื่อเก็บเป็นเวลานานขึ้น (สมใจ ศิริโชค, 2537)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบทางการเกษตรที่เหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์และมีมูลค่าเพิ่มขึ้น โดยนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก ศึกษาการประเมินคุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มจากกระบวนการหมักของแบคทีเรียทั้ง 2 สายพันธุ์ และศึกษาสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากการทดสอบของผู้บริโภค ซึ่งน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มจัดเป็นเครื่องดื่มที่ส่งเสริมสุขภาพจึงเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคและยังช่วยลดขยะมูลฝอยไม่ให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสูตรน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มจากเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้ง
2. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งที่หมักโดยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 102 และ *Gluconobacter oxydans* TISTR 402
3. เพื่อศึกษาผลการยอมรับจากผู้บริโภคของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มที่หมักโดยเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 สายพันธุ์

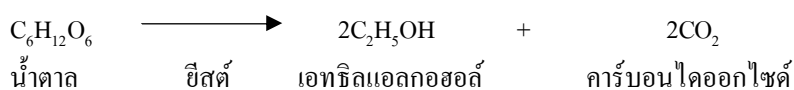
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

น้ำส้มสายชู (Vinegar) เป็นเครื่องปรุงรสอาหาร (seasoning) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน เกิดจากกระบวนการหมัก โดยน้ำตาลในอาหารจะถูกทำให้เกิดการสลายโมเลกุลแตกตัวโดยเชื้อแบคทีเรีย และยีสต์ แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรก น้ำตาลจะถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ และขั้นที่สอง การหมักแอลกอฮอล์ต่อไปให้กลายเป็นน้ำส้มสายชู ซึ่งสอดคล้องกับคำว่า “vinegar” มาจากคำว่า vin + aigre เป็นภาษาฝรั่งเศส แปลว่า “ไวน์เปรี้ยว” เพราะน้ำส้มสายชู ในสมัยเริ่มต้นได้จากการหมัก (fermentation) เอทิลแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วยแบคทีเรียในกลุ่ม *Acetobacter aceti* และ *Gluconobacter oxydans* ซึ่งจะสามารถออกซิไดซ์เอทานอลให้เป็นกรดอะซิติกได้โดยภายใต้สภาวะที่มีอากาศ (วราวุฒิ ครุส่ง, 2538) ให้ได้กรดน้ำส้ม (acetic acid) ซึ่งมีรสเปรี้ยว

กลไกการหมักน้ำส้มสายชูจากวัตถุดิบประเภทน้ำตาลเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่มีการเปลี่ยนแปลงการหมักแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

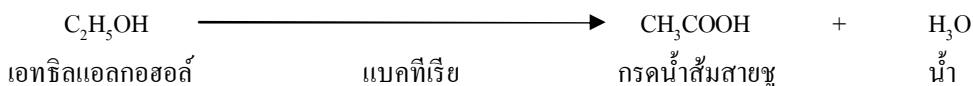
- (1) การหมักน้ำตาลให้กลายเป็นเอทิลแอลกอฮอล์

ขั้นตอนที่มีการเปลี่ยนน้ำตาลในน้ำผลไม้ที่ถูกไฮโดรไลซ์แล้วเปลี่ยนเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอาศัยการทำงานของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในสภาวะแบบไม่ใช้ออกซิเจน ดังสมการ



- (2) การเปลี่ยนเอทิลแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก

เป็นขั้นตอนที่มีการออกซิไดซ์พวกแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกหรือกรดน้ำส้ม โดยการทำงานของพวกแบคทีเรียที่ผลิตกรดน้ำส้มในกลุ่ม Acetic acid bacteria โดยอาศัยเอนไซม์ aldehyde dehydrogenase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังปฏิกิริยาทางเคมีเขียนได้ดังนี้



การเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องการออกซิเจนจำนวนมากเพื่อที่จะนำไปใช้ในการออกซิไดซ์เอทิลแอลกอฮอล์ไปเป็นกรดอะซิติกหรือกรดน้ำส้มโดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียในสภาวะการหมักแบบใช้ออกซิเจน

พัชร ลิ้มปุษยเชียร (ม.ป.ป.) ศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชู เพื่อสุขภาพจากมังคุด ด้วยเชื้อ *Gluconobacter oxydans* ซึ่งเป็นเชื้อหมักเร็วในระดับอุตสาหกรรม จะได้ปริมาณกรดน้ำส้มอยู่ระหว่าง 4-5 % ตามมาตรฐานน้ำส้มสายชู ภายในเวลา 7 วัน คุณภาพน้ำส้มสายชูที่ได้มีสีตามธรรมชาติ มีกลิ่นหอมของกรดน้ำส้ม และมีปริมาณตามมาตรฐานน้ำส้มสายชู และมีกลิ่นของมังคุด ที่ใช้หมักอยู่ด้วย ใส่ ไม่มีหินอนัน้ำส้ม สิ่งสกปรก หรือสิ่งเจือปนอันใด ไม่มีตะกอนจากตะกอนที่เกิดโดยธรรมชาติของน้ำส้มสายชูหมัก ผลิตภัณฑ์ น้ำส้มสายชูมังคุด เพื่อสุขภาพ อุดมด้วยโพแทสเซียม 97.8 มิลลิกรัม แคลเซียม 3.3 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 13.7 ต่อ 100 กรัม และปริมาณกรดน้ำส้ม 4.68%

นิภา พวงทอง (2551) ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ที่ได้จากการหมักน้ำผลไม้ในท้องถิ่นจำนวน 3 ชนิด คือ ลิ้นจี่ กระท้อน และกระเจี๊ยบ โดยใช้แบคทีเรีย *Acetobacter aceti* ใช้เวลาในการหมัก 43 วัน เปรียบเทียบคุณภาพของน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักผลไม้ทั้ง 3 ชนิด พบว่าน้ำส้มสายชูหมักจากลิ้นจี่มีกรดอะซิติกเฉลี่ย 2.90% ปริมาณแอลกอฮอล์ 4.23% ค่า pH 3.34 ปริมาณน้ำตาล 3.12 Brix น้ำส้มสายชูกระท้อนมีกรดอะซิติก 2.28% ปริมาณแอลกอฮอล์ 5.10% ค่า pH 3.47 ปริมาณน้ำตาล 5.46 Brix และน้ำส้มสายชูหมักจากกระเจี๊ยบมีปริมาณกรดอะซิติก 1.79% ปริมาณแอลกอฮอล์ 6.44% ค่า pH 4.13 ปริมาณน้ำตาล 6.48 Brix โดยปริมาณกรดอะซิติกและปริมาณแอลกอฮอล์จากน้ำส้มสายชูหมักจากลิ้นจี่มีปริมาณสูงกว่าน้ำส้มสายชูหมักจากกระท้อน และกระเจี๊ยบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพบว่าน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักน้ำผลไม้ทั้ง 3 ชนิด จะมีปริมาณกรดอะซิติกและปริมาณของแอลกอฮอล์มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 กระบวนการหมักกรดอะซิติก

นำไวน์จากเปลือกสับประดมาเตรียมหัวเชื้อเริ่มต้น ได้แก่ *Acetobacter aceti* TISTR และ *Gluconobacter oxydans* TISTR 402 ในปริมาณความเข้มข้น 10 % ใส่ในน้ำเปลือกสับประดบ่ม 48 ชม. หลังจากนั้นนำหัวเชื้อที่ได้มาเติมลงในน้ำเปลือกสับประด และไวน์เปลือกสับประดปริมาณ 10% ลงในภาชนะเตนเลสที่คลุมด้วยถุงพลาสติกเจาะรู (หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 - 4 วัน) ได้หัวน้ำส้มสายชู จากนั้นนำหัวน้ำส้มสายชูมาเทรวมกับไวน์จากเปลือกสับประดหมักเป็นเวลา 7 วัน ได้น้ำส้มสายชูหมัก นำมารองและต้มฆ่าเชื้อที่ 70 °C นาน 5 นาที บรรจุขวดที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

ตอนที่ 2 การผลิตน้ำส้มสายชูพร้อมดื่ม

ทำการศึกษาสูตรน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากเปลือกสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่นที่หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย 2 ชนิด ในสภาวะที่เหมาะสม โดยใช้สารให้ความหวาน (Sweetener) จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทราย (Sucrose) น้ำผึ้ง (Fructose syrup) และกลูโคสไซรัป (Glucose syrup) ที่ความเข้มข้น 3 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากระบวนการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย 2 สายพันธุ์

Treatment	Acetic acid bacteria (10%)	Sweetener (3%)
1	Acetobacter aceti TISTR 102 (A)	Sucrose (S ₁)
2		Fructose syrup (S ₂)
3		Glucose syrup (S ₃)
4	Gluconobacter oxydans TISTR 402 (G)	Sucrose (S ₁)
5		Fructose syrup (S ₂)
6		Glucose syrup (S ₃)

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และทางจุลชีววิทยาของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่ม

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) โดยการสังเกตสี กลิ่น รสชาติ และลักษณะการตกตะกอนของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Properties) ได้แก่ ปริมาณกรดอะซิติก (%) ปริมาณแอลกอฮอล์ (Alcohol content) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solid) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มสายชูพร้อมดื่ม (Vitamin C content)

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา (Microbiological Properties) ได้แก่ การนับจุลินทรีย์รวมทั้งหมด (Total bacteria) และ การนับจำนวนยีสต์และรา (Yeast and Mould)

ตอนที่ 4 การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค (Sensory Evaluation)

นำมาทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมจากผู้เข้าร่วมทดสอบจำนวน 30 คน ในการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์แบบ 9 point Hedonic scale ซึ่งเป็นการทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์โดยการให้คะแนนกับผลิตภัณฑ์ที่มีความชอบมากที่สุดตามระดับคะแนน

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หามาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติทดสอบเปรียบเทียบความแปรปรวนทางเดียว (One Way Anova) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

จากการศึกษาน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มทั้งหมด 6 สูตร ที่เปรียบเทียบชนิดของสารให้ความหวานในการปรุงแต่งรสชาติจากนั้นก็นำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และลักษณะทั่วไปของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มโดยการสังเกตด้วยตา พบว่าน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มทั้ง 6 สูตรมีสีเหลือง และรสชาติเปรี้ยวอมหวาน สำหรับน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มที่มีส่วนประกอบของน้ำผึ้ง จะมีกลิ่นหอมของน้ำผึ้งอ่อน ๆ และมีรสชาติเปรี้ยวอมหวานซึ่งเป็นสูตรที่มีรสชาติกลมกล่อมมากที่สุด

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางจุลชีววิทยา

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มทั้งหมด 6 สูตร พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักที่มีปริมาณกรดอะซิติกสูงสุด คือ น้ำส้มสายชูที่หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Gluconobacter oxydans* TISTR 402 และปรับแต่งรสชาติด้วยน้ำตาลทราย 3% มีปริมาณกรดอะซิติก ร้อยละ 6.52 สำหรับค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณแอลกอฮอล์จะมีปริมาณสูงสุดในน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มสูตรที่ 2 ที่หมักด้วยเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 102 ที่มีการปรับแต่งรสชาติด้วย Fructose 3% มีค่าเท่ากับ 3.80 , 37.0 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิตร , 3.80 องศาบริกซ์ และ 3.23 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มทั้ง 6 สูตร

Microbial	Sweetener	Acetic acid (%)	pH	Vitamin C (mg/100 ml)	TSS (°Brix)	Alcohol (°Brix)
Acetobacter aceti TISTR 102	Sucrose 3%	6.16±0.39 ^b	3.57±0.06 ^b	30.50±0.50 ^c	3.60±0.20 ^b	3.23±0.06 ^b
	Fructose 3%	5.28±0.36 ^d	3.80±0.00 ^a	37.00±0.50 ^a	3.80±0.20 ^a	3.43±0.12 ^a
	Glucose syrup 3%	5.60±0.07 ^c	3.53±0.06 ^{bc}	30.58±0.38 ^c	3.50±0.10 ^c	3.23±0.06 ^b
Gluconobacter oxydans TISTR 402	Sucrose 3%	6.52±0.48 ^a	3.43±0.15 ^d	29.25±0.66 ^c	3.80±0.00 ^a	3.00±0.20 ^c
	Fructose 3%	6.68±0.07 ^a	3.27±0.06 ^c	33.25±0.25 ^b	3.80±0.10 ^a	2.67±0.29 ^d
	Glucose syrup 3%	5.60±0.25 ^c	3.53±0.06 ^{bc}	30.17±0.76 ^d	3.40±0.00 ^d	3.27±0.12 ^b

ตอนที่ 3 การตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

จากนั้นนำน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มทั้ง 6 สูตรมาตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์รา ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณจุลินทรีย์รวมทั้งหมดของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มทั้ง 6 สูตร

สูตร	ปริมาณจุลินทรีย์รวมทั้งหมด (cfu/ml)	ปริมาณยีสต์ และรา (cfu/ml)
AS ₁	5.92±0.12 ^b	ND
AS ₂	5.98±0.02 ^b	ND
AS ₃	6.12±0.04 ^a	ND
GS ₁	6.19±0.03 ^a	ND

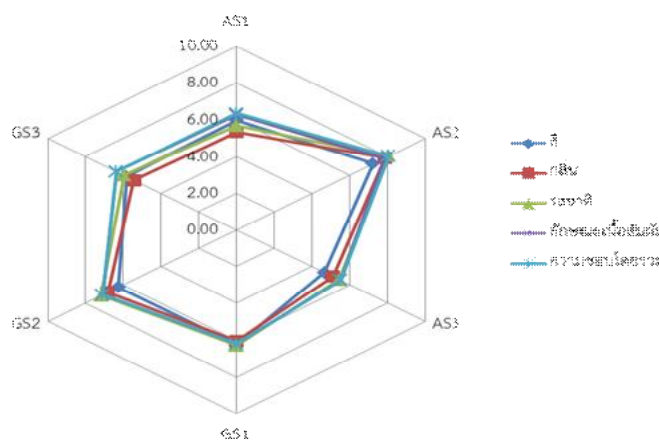
สูตร	ปริมาณจุลินทรีย์รวมทั้งหมด (cfu/ml)	ปริมาณยีสต์ และรา (cfu/ml)
GS ₂	5.93±0.10 ^b	ND
GS ₃	5.54±0.05 ^c	ND

หมายเหตุ : ND = Not Detected

จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มน้ำทั้ง 6 สูตร มาทำการนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดโดยวิธีการ pour plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และตรวจปริมาณยีสต์ ราในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นเวลา 3 – 5 วัน โดยบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมทั้งหมด 5.54 – 6.19 โคโลนีต่อมิลลิเมตร ซึ่งถือว่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ เนื่องจากก่อนที่จะทำการบรรจุน้ำส้มสายชูใส่ขวดโดยมากมักจะนำส้มสายชูไปผ่านความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรเซชันเพื่อทำลายสิ่งปนเปื้อนที่อาจเป็นสาเหตุให้น้ำส้มสายชูเกิดการเสื่อมเสียได้ และนอกจากนี้น้ำส้มสายชูหมักก็มีสมบัติความเป็นกรดค่อนข้างสูงจึงจัดเป็น preservative food คือ เกิดการเสื่อมเสียหรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสาเหตุของเชื้อจุลินทรีย์ได้ยาก (ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, เก็บค้นเมื่อวันที่ 25 สิงหาคม 2557) และตรวจไม่พบจำนวนยีสต์ และราในผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มน้ำทุกสูตร

ตอนที่ 4 การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มน้ำทั้ง 6 สูตรที่มีความแตกต่างกันในกระบวนการหมักที่เชื้อจุลินทรีย์กรดอะซิติกต่างกัน 2 ชนิด และมีการปรับแต่งสีและกลิ่นรสน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มน้ำด้วยสารให้ความหวาน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทราย 3% , น้ำผึ้ง 3% และกลูโคสไซรัป 3% นำมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคจำนวน 30 คน พบว่าผู้บริโภคมีความชอบเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักทั้ง 6 สูตร ทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีความชอบตั้งแต่ระดับเฉย ๆ ถึงระดับชอบมาก น้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มน้ำที่หมักด้วยเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 102 ผสมน้ำผึ้ง (Fructose) 3% มีความชอบมากที่สุดในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมซึ่งมีคะแนนความชอบเท่ากับ 7.23 , 7.87 , 8.07 , 7.83 และ 8.07 ตามลำดับ ส่วนน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มน้ำที่หมักด้วยเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 102 ผสมกลูโคสไซรัป (Glucose syrup) 3% จะมีคะแนนความชอบน้อยที่สุดทั้ง 5 ด้าน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มน้ำ

AS₁ = *Acetobacter aceti* + Sucrose 3% GS₁ = *Glucanobacter oxydans* + Sucrose 3%
 AS₂ = *Acetobacter aceti* + Fructose 3% GS₂ = *Glucanobacter oxydans* + Fructose 3%
 AS₃ = *Acetobacter aceti* + Glucose syrup 3% GS₃ = *Glucanobacter oxydans* + Glucose syrup 3%

สรุปและวิจารณ์ผล

การศึกษาการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มจากเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้ง ที่หมักโดยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 102 และ *Gluconobacter oxydans* TISTR 402 ที่ใช้เวลาในการหมักน้ำส้มสายชูเป็นเวลา 12 วัน และนำมาผลิตเป็นน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มโดยได้ทำการเปรียบเทียบสารที่ให้ความหวานจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทราย (Sucrose) 3% , น้ำผึ้ง (Fructose syrup) 3% และกลูโคสไซรัป (Glucose syrup) 3% ได้ทั้งหมด 6 สูตร จากนั้นได้นำมาทำการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ทางเคมี (Chemical Properties) ทางจุลชีววิทยา (Microbiological Properties) และศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค (Sensory Evaluation) พบว่าน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มมีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลือง และรสชาติเปรี้ยวอมหวาน ส่วนการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักที่มีปริมาณกรดอะซิติกสูงสุด คือ น้ำส้มสายชูที่หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Gluconobacter oxydans* TISTR 402 และปรับแต่งรสชาติด้วยน้ำตาลทราย 3% มีปริมาณกรดอะซิติก ร้อยละ 6.52 สำหรับค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณแอลกอฮอล์จะมีปริมาณสูงสุดในน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มสูตรที่ 2 ที่หมักด้วยเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 102 ที่มีการปรับแต่งรสชาติด้วย Fructose 3% มีค่าเท่ากับ 3.80 , 37.0 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร , 3.80 องศาบริกซ์ และ 3.23 องศาบริกซ์ ตามลำดับ นอกจากนี้การประเมินคุณค่าสารอาหารทางโภชนาการของน้ำส้มสายชูหมักเพื่อสุขภาพได้มีการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มทั้ง 6 สูตร จะมีปริมาณวิตามินซีโดยประมาณ 29.25 – 37 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร โดยสูตรที่ 2 จะมีปริมาณวิตามินซีสูงสุด เท่ากับ 37 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ส่วนน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มสูตรที่ 4 จะมีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุดเท่ากับ 29.25 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และนำมาตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด และปริมาณยีสต์ รา ในผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 สูตร พบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (Total Plate Count) ปริมาณ 5.54 – 6.19 โคโลนีต่อกรัม แต่ไม่พบปริมาณยีสต์ และราในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูทั้ง 6 สูตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 932-2533) ของผลิตภัณฑ์วัตถุปรุงแต่งรส และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีข้อกำหนดในการตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์รวมทั้งหมด (Total Plate Count) ไม่เกิน 1.0×10^5 โคโลนีต่อกรัม และปริมาณยีสต์ รา (Total Mold Count) ไม่เกิน 1.0×10^2 โคโลนีต่อกรัม

การศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัสจากการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 30 คน พบว่าผู้บริโภคมีการให้คะแนนความชอบของเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักทั้ง 6 สูตร ทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับ 4 – 8 มีผลการประเมินความชอบตั้งแต่ระดับเฉย ๆ ถึงระดับชอบมาก ซึ่งน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่ม สูตรที่ 2 คือ การหมักน้ำส้มสายชูด้วยเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 102 แล้วปรับแต่งกลิ่นรสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มด้วยน้ำผึ้ง (Fructose) ที่ความเข้มข้น 3% มีความชอบมากที่สุดในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมซึ่งมีคะแนนความชอบเท่ากับ 7.23 , 7.87 , 8.07 , 7.83 และ 8.07 ตามลำดับ ส่วนน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มสูตรที่ 3 คือ การหมักน้ำส้มสายชูด้วยเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 102 แล้วปรับแต่งกลิ่นรสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มด้วยกลูโคสไซรัป (Glucose syrup) ที่ความเข้มข้น 3% จะมีคะแนนความชอบน้อยที่สุดทั้ง 5 ด้าน แต่ถ้าเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเฉพาะด้านความชอบโดยรวมพบว่าน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มสูตรที่มีความชอบโดยรวมสูงที่สุด คือ สูตรที่ 2 คือ สูตรที่หมักน้ำส้มสายชูด้วยเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 102 แล้วปรับแต่งกลิ่นรสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มด้วยน้ำผึ้ง (Fructose) ที่ความเข้มข้น 3% มีคะแนนความชอบ

โดยรวมเท่ากับ 8.07 มีผลการประเมิน คือ ชอบมาก เนื่องจากน้ำผึ้งจัดเป็นสารให้ความหวานที่ให้กลิ่นและรสชาติที่หอมและมีความหวานมากกว่าน้ำตาลทรายและกลูโคสไซรัปจึงส่งผลให้ผู้บริโภคมีความชอบสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการอนุเคราะห์จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้พิจารณามอบทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททั่วไปให้กับผู้วิจัย ทำให้สามารถดำเนินการวิจัยได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบพระคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านในหลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยาที่ช่วยให้การช่วยเหลือตลอดจนงานวิจัยได้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- จักรพงษ์ ประเสริฐแสง ปรัชญา วงษ์มา และสรวรยา เม้งเกร็ด. (2555). การผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจาก
ละมุด. โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง
- คุณิ ธนะบริพัฒน์. (2546). จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. หน้า 1 – 18.
- นิภา พวงทอง. (2551). การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Somn.) กระเทียมพันธุ์พื้นเมือง
(*Sandoricum koetjape* (Burm.f.) Merr.) และกระเจี๊ยบ (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) : กรณีศึกษา ตำบล
ห้วยสัก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอน
วิทยาศาสตร์.
- ปราณี นิมิบุตร. (2552). การผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากน้ำส้มสายชูหมัก. รายงานโครงการวิจัย. สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ตะวันออก.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2552). น้ำส้มสายชูหมัก. (มพช. 326/2547). แหล่งที่มา:
http://service.ifpd.ku.ac.th/koha_ku/opac-detail.php?bib=4310 . สืบค้นเมื่อวันที่ 25 สิงหาคม 2556.
- มาลัย บุญรัตนกรกิจ และคณะ. (2549). การพัฒนาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักและน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากมะพร้าว
น้ำหอมเพื่อสุขภาพ. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
- มาลัย บุญรัตนกรกิจ. (2548). คู่มืออบรมการทำน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลไม้. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์
อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
- A.O.A.C. (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International. Gaithersburg, Md.: Association Official
Analytical Chemists.
- Horiuchi, J.i., Kanno. T., and Kibayashi, M. (1999). New vinegar production from onions. *Journal of
Bioscience and Bioengineering*. 88: 107-109.

- Moonmangmee, D., R. Taloadtaisong, S. Saowaro, S. Moonmangmee and S. Tanasupawat. (2005). Vinegar making from thai traditional alcoholic beverage, satoh. Depart. Microciol, Fac. Science, king Mongkut Technol. Thonburi, Bangkok.
- Nanba, a., Kimura, K., and Nagai, S. (1985). Vinegar production by *Acetobacter rancevs* cells fixed on a hollow fiber module. *Journal Fermentation Technology*. 63: 175 – 184.