

การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพน้ำส้มสายชูจากกล้วย

Production and Qualification Analysis of Vinegar from Banana

นฤมล จันทิมา* ศศิธร แทนทอง และ เบญจพร ศรีสุวรรณาศ
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000
*Email: narumon_boo_boo@hotmail.com

บทคัดย่อ

การผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำส้มสายชูจากกล้วยกับมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 เรื่องน้ำส้มสายชู โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ CRD แบบ 2 x 3 คือ ใช้ตัวอย่างกล้วยน้ำว้า 2 พันธุ์ ได้แก่ กล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง และ กล้วยน้ำว้าค่อม ที่มีระยะเวลาการสุก 3 ระยะ คือ สุกน้อย, สุก และ สุกจัด โดยหมักผลกล้วยให้เป็นน้ำส้มสายชู ซึ่งใช้ระยะเวลาในการหมัก 3 เดือน จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มสายชู พบว่าได้น้ำส้มสายชูจากกล้วยที่มีลักษณะสีเหลืองน้ำตาล มีกลิ่นหอมของกล้วยและกลิ่นกรดอะซิติก มีปริมาณน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุกจัดได้มากที่สุด 883.33 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมของกล้วย ในขณะที่ปริมาณน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุกน้อยได้น้อยที่สุด 700.00 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมของกล้วย, มีค่าความขุ่นอยู่ระหว่าง 9.30 – 35.70 NTU เมื่อตรวจวัดคุณลักษณะทางด้านสี พบว่า กล้วยน้ำว้าค่อมระยะสุกจัดมีค่าความสว่าง (*L) มากที่สุดคือ 95.1 และกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องระยะสุกจัดมีค่าความเข้มสีแดง (*a) และสีเหลือง (*b) มากที่สุดคือ - 0.4 และ 19.4 ตามลำดับ จากการตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการพบว่า ปริมาณโปรตีนของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุกจัดมีมากที่สุดคือ 0.022 กรัม/100กรัมของผลกล้วย ในขณะที่ปริมาณโปรตีนของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุกน้อยทั้ง 2 ชนิดให้ปริมาณน้อย, ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุกมีมากที่สุดคือ 1.35 มิลลิกรัม/100 กรัมของผลกล้วย ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุกน้อยมีค่าน้อยที่สุดคือ 0.66 มิลลิกรัม/100กรัมของผลกล้วย, ปริมาณโพแทสเซียมของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุกมีมากที่สุดคือ 5.79 มิลลิกรัม/100กรัมของผลกล้วย, ปริมาณวิตามินซีอยู่ในช่วง 2.10 – 2.59 มิลลิกรัม ซึ่งพบว่าน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุกจัดให้ปริมาณวิตามินซีมากที่สุด, ปริมาณวิตามินบี1 0.01 มิลลิกรัม จากผลการทดลองพบว่า ในการผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วยควรใช้ผลกล้วยที่มีระยะเวลสุก-สุกจัดในการหมัก เพื่อให้ได้คุณค่าทางโภชนาการที่สูงที่สุด จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี พบว่ามีค่า pH อยู่ระหว่าง 2.1 – 2.9, ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ระหว่าง 10.23 – 34.26 กรัมต่อลิตร, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 4.6 – 9.2 °Brix

ปริมาณกรดอะซิติกอยู่ระหว่างร้อยละ 0.91 - 3.77 ปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ระหว่างร้อยละ 2.2 – 4.2 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำส้มสายชูตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 พบว่า ปริมาณกรดอะซิติกน้อยกว่า 4% และปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตกค้างเกิน 0.5% ซึ่งมีคุณภาพไม่ตรงตามมาตรฐานกำหนด ส่วนปริมาณสารปนเปื้อนได้แก่ สารหนู, ตะกั่ว, ทองแดง, สังกะสี และเหล็ก มีค่าน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินปริมาณที่กำหนด และไม่พบกรดกำมะถันหรือกรดแอสซีส การรับประทานน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยด้วยกรรมวิธีหมักแบบธรรมชาติดีกว่าการรับประทานน้ำส้มสายชูแบบกลั่น เพราะน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยมีคุณค่าทางโภชนาการ ปลอดภัยต่อการบริโภค ง่ายต่อการผลิต และสามารถเป็นเครื่องดื่มช่วยลดอาการอ่อนล้าของร่างกายได้อีกด้วย

คำสำคัญ: การหมัก น้ำส้มสายชู กล้วย การตรวจสอบคุณภาพ

Abstract

The bananas vinegar production had purposes to study the physical and chemical properties of the vinegar and compared to the Notification of the Ministry of Public Health (No.204) B.E. 2543. This experiment used the Completely Randomized Design (CRD) 2×3 model. Two types of bananas; KluaiNamwa Mali-ong and KluaiNamwa Khom were used. Three ripe stage of the bananas as follow; half ripe, ripe and overripe bananas were fermented in 3 months for the vinegar. Then analyzed the physical and chemical properties of the vinegar found that The vinegar from bananas are yellow brown had the banana's flavor and acetic acid smell. The amount of vinegar of overripe bananas had the highest 883.33 ml/Kg of bananas. But The vinegar of the half ripe bananas had the lowest 700.00 ml/Kg of bananas. The turbidity of the vinegar was between 9.30 – 35.70 NTU. The vinegar from overripe KluaiNamwa Khom showed the most bright light (*L) color on 95.1 and the most red (*a) and yellow (*b) 0.4 and 19.4 respectively. The nutritional showed that the vinegar of overripe had the highest Protein 0.022 g /100 g of bananas. But the vinegar of the half ripe 2 types had the lowest protein. The vinegar of ripe bananas had the highest Phosphorus on 1.35 mg/100g of bananas. But the vinegar of half ripe banana had the lowest Phosphorus on 0.66 mg /100 g of bananas. The vinegar of ripe bananas had the highest Potassium on 5.79 mg/100g of bananas, Vitamin C was between 2.10 - 2.59 mg. Which found that overripe banana vinegar had the most vitamin C and Vitamin B1 had

0.01 mg. The experiment showed the ripe and overripe bananas are good to the fermentation for vinegar. The vinegar had the most nutrition then the other stage. The chemical analysis showed the pH value about 2.10 - 2.9. The reducing sugar was about 10.23-34.26 g/L. The Total soluble solid was between 4.6-9.2 °Brix. The Acetic Acid was between 0.91-3.77 % and Alcohol was between 2.2-4.2%. Comparing the Notification of the Ministry of Public Health (No.204) B.E. 2543, the acetic acid of the vinegar was less than 4% and the residual alcohol was 0.5%. It was not as standard. The contaminants as follow; Arsenic, Lead, Copper, Zinc and Iron were less than 1 mg/L. it is as the standard and not found the other mineral acid. We should consume the natural fermented vinegar. The vinegar is better than the distilled vinegar. Because The vinegar from banana has nutrition. The vinegar is safety for consumption, easy to produce and can be the beverage to reduce the tedious of body.

Keywords: Fermentation, Vinegar, Banana, Qualification analysis

บทนำ

น้ำส้มสายชูจัดเป็นเครื่องปรุงรสอาหารชนิดหนึ่ง ผลิตได้จากธรรมชาติ และจากการสังเคราะห์ทางเคมี ในปัจจุบันนิยมใช้น้ำส้มสายชูแบบกลั่น เนื่องจากมีราคาที่ถูกกว่าน้ำส้มสายชูแบบหมัก นอกจากนี้ยังมีการนำน้ำส้มสายชูปลอมมาจำหน่ายเนื่องจากมีราคาถูกมากเมื่อเทียบกับน้ำส้มสายชูที่เป็นอาหารได้ ซึ่งมีความบริสุทธิ์ไม่เพียงพอที่จะนำมาบริโภคได้ เพราะมีโลหะหนัก หรือวัตถุเจือปนอื่น ๆ ทำให้เกิดพิษสะสมจากโลหะหนัก และสิ่งปนเปื้อนนั่นๆ นับว่าเป็นอันตรายอย่างยิ่ง เช่น กรดกำมะถัน เป็นกรดที่มีสรรพคุณกัดกร่อนรุนแรงมาก จะทำให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินอาหารและตับ น้ำส้มสายชูเหล่านี้จึงไม่ปลอดภัยที่จะนำมาบริโภค (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2555) มัลลย์ บุญรัตน์กรกิจ และฉกามาต วงศ์ข้าหลวง (2552) กล่าวว่า กลไกการผลิตกรดน้ำส้มสายชูที่ใช้วัตถุดิบประเภทน้ำตาล มี 2 ขั้นตอน คือ 1. การหมักน้ำตาลให้เป็นเอทานอล ซึ่งเป็นกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกาศ และอาศัยเชื้อยีสต์ในสกุล *Saccharomyces cerevisiae* ดังสมการที่แสดงอย่างง่าย ๆ คือ $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CO_2 + 2C_2H_5OH$ และ 2. การเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก โดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม Acetic acid bacteria เป็นขั้นตอนการสร้างกรดอะซิติก โดยที่เกิดการส่งโปรตอน 2 ตัว ของ Hydrate acetaldehyde ไปยังอะตอมของออกซิเจนจนเกิดการอะซิติกออกมา ทั้งนี้โดยอาศัยเอนไซม์ Aldehyde dehydrogenase

เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O$ การเปลี่ยนแปลงในขั้นนี้ต้องการออกซิเจนมาก เพื่อที่จะไปออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ไปเป็นกรดน้ำส้ม อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักนั้นขึ้นอยู่กับเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ และกรรมวิธีการผลิตโดยทั่วไป ประมาณ 26-29 องศาเซลเซียส ในปัจจุบันมีบทความทางวิชาการที่นักวิทยาศาสตร์ได้อธิบาย และตีพิมพ์เผยแพร่ ในการนิยมดื่มน้ำส้มสายชูหมักเพื่อสุขภาพ โดยทฤษฎีเกรบ ได้อธิบายถึงกระบวนการเปลี่ยนอาหารให้เป็นพลังงานโดยการดื่มน้ำส้มสายชูหมักเข้าไปเพื่อให้กรดอะซิติกไปกำจัดกรดแลกติก ทำให้สภาวะเลือดเป็นกรดหายไป ส่งผลให้เกิดการขจัดความอ่อนเพลียของร่างกาย (Thai Japan Beverage Partnership. 2555: ออนไลน์)

จุฬามาศ มณีวงศ์ (2551) ได้ทำการศึกษาจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูจากสาโทพบว่า จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มของอะซิติกแอซิดแบคทีเรีย จากการคัดเลือกพบว่า OR_2 ผลิตรกรดได้สูงสุด เมื่อจำแนกลักษณะทางสัณฐานวิทยาและทางพันธุศาสตร์พบว่า เป็นแบคทีเรีย *Acetobacter tropicalis* จากการศึกษาคุณสมบัติบางประการพบว่า *A. tropicalis* เจริญได้ในแอลกอฮอล์ 5% และกรด 1% นอกจากนี้ยังทนต่อความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ได้ถึง 14% และทนต่อความเข้มข้นของกรดอะซิติกได้ถึง 15% เมื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดของ *A. tropicalis* พบว่า เมื่อเลี้ยงในสาโทที่ประกอบด้วยแอลกอฮอล์ 8% กรดอะซิติก 3% และเลี้ยงแบบเขย่าให้ความเร็วรอบ 140 รอบ/นาที ที่ 30 องศาเซลเซียส ผลิตรกรดได้ 2.71% ในวันที่ 3 ของการเลี้ยง *A. tropicalis* ในสาโทกลั่น ซึ่งประกอบด้วย แอลกอฮอล์ 3% กรดอะซิติก 3% และให้อากาศที่มีความเข้มข้นของออกซิเจน 7.7 mg/L ผลิตรกรดได้ 3.69% ในวันที่ 3 ของการเลี้ยง

นิภา พวงทอง (2551) ได้ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ที่ได้จากการหมักน้ำผลไม้ในท้องถิ่น จำนวนสามชนิด คือ ลิ้นจี่ กระท้อน และกระเจี๊ยบ โดยใช้แบคทีเรีย *Acetobacter aceti* ใช้เวลาในการหมัก 43 วัน โดยทำการหมักไวน์ใช้เวลา 15 วัน และทำการหมักน้ำส้มสายชูเป็นเวลา 4 สัปดาห์ เปรียบเทียบคุณภาพน้ำส้มสายชู ผลการวิเคราะห์พบว่าน้ำส้มสายชูหมักจากลิ้นจี่ กระท้อน และกระเจี๊ยบ มีปริมาณกรดอะซิติกอยู่ในช่วง 1.79 – 2.90% มีปริมาณแอลกอฮอล์โดยเฉลี่ยอยู่ช่วง 4.23 – 6.44% โดยปริมาณกรด อะซิติกและปริมาณแอลกอฮอล์จากน้ำส้มสายชูหมักจากลิ้นจี่มีปริมาณสูงที่สุดในผลไม้ทั้ง 3 ชนิด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำส้มสายชู พบว่าน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักน้ำผลไม้ทั้งสามชนิดมีปริมาณกรดอะซิติกและปริมาณของแอลกอฮอล์ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด

ศุภกาญจน์ พรหมจันทร์ และคณะ (2553) ได้ทำการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเม่าแดงที่เหลือจากการคัดในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอลของเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* และสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติกของเชื้อ *Acetobacter aceti* (TISTR 102) จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนเหมาะสมที่ระหว่างเม่าแดงต่อน้ำ คือ 1 : 4 ส่วน ซึ่งให้ค่า

ใกล้เคียงกับปริมาณกรดที่เหมาะสมในการหมักไวน์ คือ 0.4% ส่วนสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติก คือ ใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำหมักและน้ำเมาแดงที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 30% และ 70% ตามลำดับ โดยมีร้อยละของแอลกอฮอล์เริ่มต้นการหมักที่เหมาะสม คือ 5% จากนั้นเติมเชื้อ *Acetobacter aceti* (TISTR 102) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 6 วัน พบว่ามีกรดอะซิติก ร้อยละ 4.14 เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มสายชูหมัก (มผช.362/2547) และประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 เรื่องน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชุกลิ่น โดยในผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากเมาแดง มีสีแดงใส มีกลิ่นของกรดอะซิติก และมีปริมาณกรดอะซิติก ไม่น้อยกว่า 4 g/100ml และมีปริมาณแอลกอฮอล์ 15 mg/L (1.5%) ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด และไม่พบกรดกำมะถันหรือกรดแอสซาร์

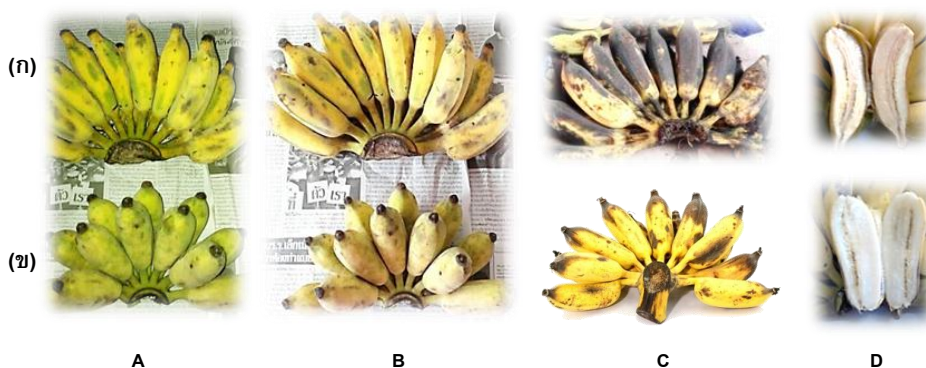
Bartolome V. Casuga Jr (2008) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกรดอะซิติกที่ได้จากการหมักน้ำส้มสายชูจากกล้วย โดยใช้น้ำตาล และยีสต์ หมักกล้วยให้เป็นแอลกอฮอล์ และเป็นกรดอะซิติก ตามลำดับ จากนั้นทำการศึกษาค่า pH TSS สีของน้ำส้มสายชู และปริมาณกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชูจากกล้วย พบว่า 11 วันหลังการหมักน้ำส้มสายชูจากกล้วยมีค่า pH 3.28 ค่าTSS 4.2 น้ำส้มสายชูจากกล้วยที่มีสีเหลืองน้ำตาล และมีปริมาณกรดอะซิติก 3.66 % จากผลการทดลองพบว่า น้ำส้มสายชูที่ได้ไม่สามารถนำมาทำเป็นน้ำส้มสายชูตามมาตรฐานได้

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจเกี่ยวกับการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้ ซึ่งผลไม้ที่ใช้คือ กล้วยน้ำว้า เนื่องจากกล้วยน้ำว้าตามท้องตลาด และชุมชน ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ มีราคาตกต่ำ และล้นตลาด ซึ่งจากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของกล้วยน้ำว้าสุก พบว่า กล้วยน้ำว้าสุก 100 กรัม ให้พลังงาน 122 กิโลแคลอรี มีปริมาณสารอาหารประกอบด้วย โนอาซิน 0.6 มิลลิกรัม, โปรตีน 1.2 กรัม, วิตามินซี 14.0 มิลลิกรัม, คาร์โบไฮเดรต 26.1 กรัม, แคลเซียม 12.0 มิลลิกรัม, ไขมัน 0.3 กรัม, ฟอสฟอรัส 32.0 มิลลิกรัม, วิตามินเอ 375 หน่วยสากล, เหล็ก 0.8 มิลลิกรัม, วิตามินบี 1 0.03 มิลลิกรัม, น้ำ 7.6 กรัม, วิตามินบี 2 0.04 มิลลิกรัม (กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2553) เพื่อเป็นการรักษาคุณค่าทางโภชนาการของกล้วยน้ำว้า ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการหมักตามภูมิปัญญาท้องถิ่น เพราะการหมักเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ โดยได้จากการปลดปล่อยสารอาหารในชั้นสเตรทจากการย่อยของจุลินทรีย์ ทำให้น้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย มีสารอาหารในกล้วยอยู่ครบถ้วน ก่อนหน้านี้มีผู้ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูจากผลไม้ต่างๆ รวมทั้งกล้วยด้วย แต่พบปัญหาการผลิตที่ไม่ได้ตรงตามมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข หรือได้มาตรฐานแต่ต้องอาศัยเชื้อแบคทีเรีย ต้องควบคุมปัจจัยและสภาวะต่างๆ ที่มีขั้นตอนยุ่งยาก และเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตสูง อีกทั้งยังไม่มีผู้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของน้ำส้มสายชูหมัก ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กล้วย เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของน้ำส้มสายชู และเพื่อประโยชน์สูงสุด

การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการแปรรูปในรูปแบบหนึ่งของเครื่องปรุงอาหารที่ดีต่อสุขภาพ โดยผู้วิจัยจะทำการผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วย และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีที่เป็นประโยชน์ อีกทั้งเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำส้มสายชูกับมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 เรื่องน้ำส้มสายชู เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ประชาชนทั่วไปเห็นประโยชน์ของน้ำส้มสายชูจากกล้วยมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ใช้กล้วยน้ำว้าต่างสายพันธุ์ 2 ชนิด คือมะลิอ่อง และ ค่อม ที่มีระยะเวลาการสุกของกล้วย 3 ระยะ คือ กล้วยสุกน้อย กล้วยสุก และกล้วยสุกจัด เนื่องจากงานวิจัยนี้นำกล้วยตามท้องตลาดมาเพิ่มมูลค่าจึงใช้ลักษณะของเปลือกกล้วยเป็นเกณฑ์ในการแบ่งระยะเวลาการสุกของกล้วยแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะความแตกต่างของกล้วยน้ำว้าทั้ง 2 ชนิด คือมะลิอ่อง และ ค่อม และระยะเวลาการสุกของกล้วยที่ใช้ลักษณะของเปลือกกล้วยเป็นเกณฑ์แบ่งเป็น 3 ระยะ คือ กล้วยสุกน้อย กล้วยสุกและกล้วยสุกจัด

- (ก) ผลกล้วยน้ำว้าค่อม มีลักษณะเป็นทรงกระบอกเรียวแหลม เมื่อสุกมีเนื้อสีเหลืองอมขาว ใ้ส้กลาง มีสีเหลือง บางครั้งมีเมล็ดแต่ไม่มาก เมล็ดมีสีดำ แข็ง
- (ข) ผลกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง มีลักษณะค่อนข้างกลม อ้วน สั้น เมื่อสุกมีสีขาว ใ้ส้กลางมีสีขาว
- A ระยะการสุกของกล้วยสุกน้อย เปลือกมีลักษณะหนา มีสีเขียวปนเหลือง
- B ระยะการสุกของกล้วยสุก เปลือกมีลักษณะบาง มีสีเหลืองนวล
- C ระยะการสุกของกล้วยสุกจัด เปลือกมีลักษณะบาง มีสีดำปนเหลือง
- D ลักษณะสีที่แตกต่างของใ้ส้กลางผลกล้วยน้ำว้าทั้ง 2 ชนิด

ในการวิจัยนี้จึงใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design : CRD 2 x 3 ได้ตัวอย่างทดลองดังนี้ T_1 คือกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อนที่มีระยะเวลาการสุกน้อย T_2 คือกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อนที่มีระยะเวลาการสุกพอดี T_3 คือกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อนที่มีระยะเวลาการสุกจัด T_4 คือกล้วยน้ำว้าค่อมที่มีระยะเวลาการสุกน้อย T_5 คือกล้วยน้ำว้าค่อมที่มีระยะเวลาการสุกพอดี และ T_6 คือกล้วยน้ำว้าค่อมที่มีระยะเวลาการสุกจัด

1. กระบวนการหมัก

นำกล้วยหั่นเป็นชิ้นซึ่งผลกล้วย : น้ำตาล : น้ำ ในอัตราส่วน 3 : 1 : 5 เทใส่ขวดน้ำดื่มที่มีกล้วยบรรจุอยู่ ปิดฝาให้สนิท หมักทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 2 เดือน แบบไม่ใช้อากาศ ใส่ก๊าซโดยคลายฝาขวดให้แก๊สค่อยๆออกมาแล้วหมุนฝาปิดตั้งเดิมทุกวันเพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ จากนั้นกรองน้ำหมักกล้วยหมักต่ออีก 1 เดือน แบบใช้อากาศเพื่อให้ได้น้ำส้มสายชู ทำการตรวจวัดค่า pH, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด, และปริมาณร้อยละของแอลกอฮอล์ อาทิตย์ละ 1 ครั้ง เมื่อครบกำหนด นำน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยไปพลาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 15 นาที แล้วทำให้เย็นโดยเร็ว วัดปริมาตรของน้ำส้มสายชูที่ได้

2. การตรวจสอบคุณภาพ

2.1 การวัดค่าความขุ่น (ตรวจสอบความใสและการตกตะกอน) ด้วยเครื่องวัดความขุ่นยี่ห้อ HACH รุ่น 2100N Bench Top Turbidimeter ใช้หน่วยเป็น NTU โดยปรับเทียบเครื่องด้วยสารละลายมาตรฐาน จากนั้นวัดค่าความขุ่นตัวอย่างทดลอง ($T_1 - T_6$) รอให้ค่านิ่ง แต่ไม่เกิน 1 นาที บันทึกค่าที่อ่านได้

2.2 การวัดค่าสี ใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Quet XT วัดคุณลักษณะด้านสีของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย โดยเลือกโปรแกรม Hunter Lab ($L^* a^* b^*$) illuminate = D65 และ observer = 100 ทำการปรับมาตรฐานสี โดยใช้น้ำกลั่นรินตัวอย่างทดลองแล้วนำไปวางในตำแหน่งที่วัดค่าสี ค่าที่วัดได้เป็น $L^* a^* b^*$

2.3 การตรวจวัดค่าความเป็นกรด – เบส (pH) นำน้ำส้มสายชูจากกล้วยมาตรวจวัดค่าความเป็นกรด – เบส ด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Index รุ่น ID1000 โดยปรับค่ามาตรฐานในการวัดแต่ละครั้งด้วยสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 4.00 และ 7.00 ตามลำดับ ทำการตรวจวัด 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.4 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids: TSS; °Brix) และการตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ (%) ด้วยเครื่อง Refractometer รุ่น RHWN-25BrixATC โดยปรับค่ามาตรฐานด้วยน้ำกลั่นก่อนทำการวัดทุกครั้ง ทำการวัดตัวอย่างทดลอง ($T_1 - T_0$) โดยหยดน้ำส้มสายชูจากกล้วย 1 หยด อ่านค่าที่ได้ ทำการทดลอง 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.5 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในน้ำส้มสายชู โดยใช้วิธี Lowry โดยเตรียมสารละลายมาตรฐาน BSA มีความเข้มข้น 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0 $\mu\text{g/L}$ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 750 nm นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน จากนั้นทำการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณน้ำส้มสายชูจากกล้วย โดยบีบน้ำส้มสายชูจากกล้วยมาอย่างละ 1 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 25 ml สารผสมที่ได้เรียกว่า สต็อกตัวอย่าง บีบน้ำส้มสายชูจากกล้วยมา 1 ml แทนสารละลายมาตรฐาน BSA ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน แล้วคำนวณหาปริมาณโปรตีนของน้ำส้มสายชู

2.6 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียม (A.O.A.C., 2000) บีบน้ำส้มสายชู 20 ml ลงในบีกเกอร์ จากนั้นเติมกรดผสม $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$ 20 ml เขย่าเบาๆ ให้เข้ากัน ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิวส์ วางบนเตาให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 80 °C เพื่อทำการย่อย สังเกตควัน ร้อนควัน น้ำตาลหมด จากนั้นเติมกรดผสม $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$ 20 ml อีกครั้ง ทำการย่อยต่อไปจนได้สารละลายที่ใส วางให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 1 จะได้สารละลายตัวอย่าง

2.6.1 ปริมาณฟอสฟอรัส เตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 mg/L ใน 4% HClO_4 บีบน้ำส้มสายชูตัวอย่างที่ได้ 5 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตร 100 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น สารละลายที่ได้เรียกว่า สต็อกตัวอย่าง จากนั้นบีบน้ำส้มสายชูมาตรฐานหรือตัวอย่างเจือจางจากสต็อกตัวอย่างมา 1 ml เติมสารละลาย Vanademolybdate 5 ml วางทิ้งไว้ 20 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm เขียนกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายมาตรฐาน คำนวณหาความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่างทดลอง

2.6.2 ปริมาณโพแทสเซียม เตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 mg/L ใน 4% HClO_4 บีบน้ำส้มสายชูตัวอย่าง 5 ml ปรับปริมาตรให้ได้ 250 ml ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการปลดปล่อยแสงด้วยเครื่อง Flame Photometer เขียนกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการปลดปล่อยแสงกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายมาตรฐาน คำนวณหาความเข้มข้นของโพแทสเซียมในตัวอย่างทดลอง

2.7 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี โดยใช้วิธีการไทเทรต (A.O.A.C., 2000) เตรียมสารละลายมาตรฐาน 2,6-Dichlorophenolindophenol (2,6-DCPP) เป็นไทแทรนต์ และปิเปตกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน ความเข้มข้น 1 mg/ml ปริมาณ 0.5 ml ใส่ลงใน Flask เติม 4% HPO_3 5 ml นำไปไทเทรตกับ 2,6-DCPP จนได้จุดยุติซึ่งเป็นสีชมพูอ่อนที่ไม่จางหายไป (รอตุผลในเวลา 15 วินาที) บันทึกปริมาณของ 2,6-DCPP ที่ใช้ เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราส่วนที่สารทั้งสองทำปฏิกิริยากันพอดี จากนั้นทำการทดลองหาความเข้มข้นวิตามินซีในตัวอย่างโดยปิเปตตัวอย่าง 1 ml ใส่ลงใน Flask เติมกรด 4% HPO_3 5 ml นำไปไทเทรตกับ 2,6-DCPP จนได้จุดยุติซึ่งเป็นสีชมพูอ่อนที่ไม่จางหายไป บันทึกปริมาณของ 2,6-DCPP ที่ใช้ แล้วนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของวิตามินซีในตัวอย่างต่อไป

2.8 วัดปริมาณวิตามิน B1, B2 (A.O.A.C., 2000) เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ใช้ $\text{H}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na}$ 1.08 g และ KH_2PO_4 1.36 g ละลายในน้ำ 940 ml และ $\text{N}(\text{CH}_3)_5$ 5 ml ปรับค่า pH ให้เป็น 3.0 ด้วย HPO_3 นำตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 μg ปิเปตสารละลายที่ได้ 10 ml แล้วเติมน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 ml เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินบี 1 ด้วยไทอามีนไฮโดรคลอไรด์ HCl 26.7 mg ในน้ำ 25 ml ส่วนวิตามินบี 2 ใช้ไรโบ-ฟลาวิน 6.9 mg ในสารละลายที่ใช้สกัด 100 ml นำของเหลวไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC (ส่งให้สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นผู้ตรวจสอบและรายงานผลการทดลอง)

2.9 วัดปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดอะซิติกโดยใช้วิธีการไทเทรต (A.O.A.C., 2000) เตรียม NaOH เข้มข้น 1 mol/L เป็นไทแทรนต์ และเตรียมสารละลายมาตรฐาน KHP 1 mol/L เพื่อทำการไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน NaOH จากสูตร $C_{\text{NaOH}}V_{\text{NaOH}} = C_{\text{KHP}}V_{\text{KHP}}$ โดยทำ 3 ซ้ำ ปิเปตน้ำส้มสายชูจากกล้วยอย่างละ 10 ml ลงใน Flask เจือจางด้วยน้ำกลั่น 20 ml หยด 1% Phenolphthalein 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน นำมาไทเทรตกับ สารละลาย NaOH ที่อยู่ในบิวเรต ไทเทรตจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูถาวร บันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาหาความเข้มข้นของกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชู แล้วสามารถคำนวณปริมาณกรด (%) จากสูตรได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณกรดอะซิติก (g/100ml)} = C \times V \times \text{MW} \times 100/1,000 \times 10$$

โดย	C	=	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน NaOH (mol/dm ³)
	V	=	ปริมาตร (ml) ของสารละลายมาตรฐาน NaOH ที่ไทเทรต
	MW	=	น้ำหนักโมเลกุลของกรดอะซิติก (g)

2.10 วัดปริมาณร้อยละของน้ำตาลรีดิวซ์โดยใช้วิธี DNS method เตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคสเข้มข้น 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 mg/ml นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 nm นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน จากนั้นทำการวิเคราะห์น้ำส้มสายชูจากกล้วย โดยบีบน้ำส้มสายชูจากกล้วยมาอย่างละ 1 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 25 ml สารผสมที่ได้เรียกว่า สต็อกตัวอย่าง บีบออกจากสต็อกตัวอย่างมา 1 ml แทนสารละลายมาตรฐานกลูโคส ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน แล้วคำนวณหาปริมาณร้อยละของน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำส้มสายชูจากกล้วย

2.11 วัดปริมาณสารปนเปื้อนในน้ำส้มสายชู คือ สารหนู (As), ตะกั่ว (Pb), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn) และเหล็ก (Fe) (ตามวิธี A.O.A.C., 2000) เตรียมสารละลายมาตรฐานของโลหะดังต่อไปนี้

(1) สารหนู (As) – ละลาย As_2O_3 1,320 g ใน 8 HCl 3 ml เจือจางด้วยน้ำกลั่น 1,000 ml

(2) ตะกั่ว (Pb) – ละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 1.5985 g ในน้ำกลั่น เติม HNO_3 10 ml เติมน้ำกลั่น

1,000 ml

(3) ทองแดง (Cu) – ละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 3.929 g ในน้ำบริสุทธิ์ เจือจางครบ 1,000 ml

(4) สังกะสี (Zn) – ละลาย Zn บริสุทธิ์หนัก 1,000 g ใน HCl จำนวน 100 ml เจือจางให้ครบ 1,000 ml

(5) เหล็ก (Fe) – ละลายโลหะสังกะสีบริสุทธิ์ 1 g ใน 5 mol/L HCl จำนวน 20 ml ปรับปริมาตร 1,000 ml

บีบตัวอย่าง 20 ml เติม 30% HNO_3 20 ml ใส่ในบีกเกอร์ ปิดบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิคาทำการย่อยสารละลายด้วยความร้อนบนเตาให้ความร้อนเป็นเวลา 30 นาที ทำการเติม 30% HNO_3 20 ml อีกครั้ง ทำการย่อยสารละลายตัวอย่างต่อจนสารละลายตัวอย่างใส และมีปริมาตรสารละลายเหลือน้อยกว่า 10 ml กรองสารละลายจากการย่อยลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เตรียม Blank และเตรียมกราฟมาตรฐานสำหรับแต่ละตัวอย่าง จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง AAS ที่สภาวะที่เหมาะสม คำนวณปริมาณโลหะในน้ำส้มสายชูจากกล้วย

2.12 วัด ปริมาณ mineral acid (กรดกำมะถัน) บีบน้ำส้มสายชู 2 ml เติมเอทิลแอลกอฮอล์ลงไป 2 ml ผสมให้เข้ากัน หยดสารละลาย methyl orange ลงไป 2-3 หยด ถ้ามี mineral acid ปนจะปรากฏสีแดง

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการวัดปริมาณน้ำส้มสายชูจากกล้วยและค่าความขุ่น

จากการหมักน้ำส้มสายชูจากกล้วยน้ำว้า 2 พันธุ์ คือ พันธุ์มะลิอ่อน และ พันธุ์ค่อม ที่มีระยะเวลาในการสุก 3 ระยะ คือ ระยะสุกน้อย ระยะสุกพอดี และระยะสุกจัด ซึ่งมีแผนการทดลองแบบ CRD 2x3 เป็นเวลา 3 เดือน โดยแบ่งการหมักเพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ 2 เดือน และหมักเพื่อให้ได้น้ำส้มสายชูอีก 1 เดือน เมื่อนำน้ำส้มสายชูมา กรองและวัดปริมาตร พร้อมทั้งวัดค่าความขุ่น ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำส้มสายชูจากกล้วยที่ได้จากการหมักและค่าความขุ่น

ตัวอย่างทดลอง	ปริมาณน้ำส้มสายชูจากกล้วย (ml/kg)	ค่าความขุ่นเฉลี่ย (NTU)
กล้วยมะลิอ่อนสุกน้อย (T_1)	706.67	28.03
กล้วยมะลิอ่อนสุก (T_2)	833.33	35.70
กล้วยมะลิอ่อนสุกจัด (T_3)	883.33	9.30
กล้วยค่อมสุกน้อย (T_4)	700.00	17.70
กล้วยค่อมสุก (T_5)	841.67	13.60
กล้วยค่อมสุกจัด (T_6)	861.67	11.20

จากผลการวัดปริมาณน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย พบว่า น้ำส้มสายชูจากกล้วย T_3 มีปริมาณมากที่สุด คือ 883.33 มิลลิตรต่อกิโลกรัม และเมื่อนำกล้วยทั้ง 2 สายพันธุ์ คือพันธุ์มะลิอ่อน และพันธุ์ค่อม เปรียบเทียบปริมาณน้ำส้มสายชูหมักจากระยะเวลาการหมัก 3 ระยะ พบว่า ระยะสุกจัดของทั้ง 2 สายพันธุ์ จะให้ปริมาณน้ำส้มสายชูหมักมากกว่าระยะสุก และระยะสุกน้อย ตามลำดับ ค่าความขุ่นของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย พบว่าน้ำส้มสายชูจากกล้วย T_3 มีค่าความขุ่นน้อยที่สุดคือ 9.30 NTU และน้ำส้มสายชูจากกล้วย T_2 มีค่าความขุ่นมากที่สุดคือ 35.70 NTU และเมื่อนำกล้วยทั้ง 2 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกัน พบว่า ระยะสุกจัดของทั้ง 2 สายพันธุ์ จะให้ค่าความขุ่นน้อยที่สุด

2. การวัดค่าสี L^* a^* b^* ด้วยเครื่อง Color Flex

จากการใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Quet XT วัดคุณลักษณะด้านสีของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยและเปรียบเทียบกับน้ำส้มสายชูที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด ค่าที่วัดได้เป็น L^* a^* b^* ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวัดค่าสีของน้ำส้มสายชูที่ได้จากกล้วยทดลองแต่ละระยะเปรียบเทียบกับสีของน้ำส้มสายชูมาตรฐานที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

ค่าคุณภาพ	มาตรฐานน้ำส้มสายชู	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
L^*	100.4	88.0	93.5	79.0	93.0	89.4	95.1
a^*	-0.2	-1.3	-1.5	-0.4	-2.4	-1.6	-2.1
b^*	0.2	15.6	12.3	19.4	17.6	17.5	13.7

หมายเหตุ: ค่า L^* แสดงถึงค่าความสว่าง 0 ถึง 100

($+a^*$) แสดงถึงค่าสีแดง

($-a^*$) แสดงถึงค่าสีเขียว

($+b^*$) แสดงถึงค่าสีเหลือง

($-b^*$) แสดงถึงค่าสีน้ำเงิน

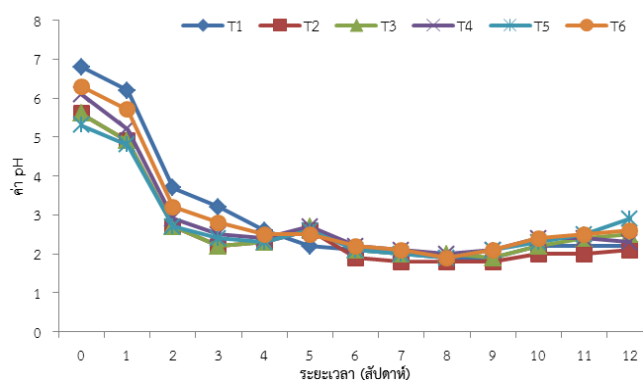
จากผลการเปรียบเทียบสีของน้ำส้มสายชูที่ได้จากกล้วยทดลองแต่ละระยะกับสีของน้ำส้มสายชูมาตรฐานที่จำหน่ายตามท้องตลาดในตารางที่ 2 ซึ่งแสดงผลเป็นค่า L^* ค่า a^* และค่า b^* พบว่าน้ำส้มสายชูจากกล้วย T_6 มีค่า L^* มากที่สุด คือ 95.1 รองลงมาคือ T_2 , T_4 , T_5 , T_1 และ T_3 ตามลำดับ

แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำส้มสายชูตามท้องตลาด พบว่ามีค่า L^* ต่ำกว่า ทั้งนี้การผลิตน้ำส้มสายชูจากกระบวนการหมักตามธรรมชาติจะยังมีตะกอนปนอยู่บ้างจนทำให้ค่าความสว่างน้อยกว่าน้ำส้มสายชูมาตรฐาน น้ำส้มสายชูจากกล้วย T_3 มีค่า a^* ใกล้เคียงกับน้ำส้มสายชูมาตรฐานมากที่สุดและมีค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองมากที่สุด คือ -0.4 และ 19.4 ตามลำดับ ซึ่งสีที่แสดงออกมาก็คือสีที่เกิดจากกระบวนการหมักที่มีสีเหลืองน้ำตาลคล้ายสีของน้ำตาลเคียวหรือสีคาราเมล

3. ผลการตรวจวัดความเป็นกรด – เบส (pH), ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$ Brix) และปริมาณของ แอลกอฮอล์ (%)

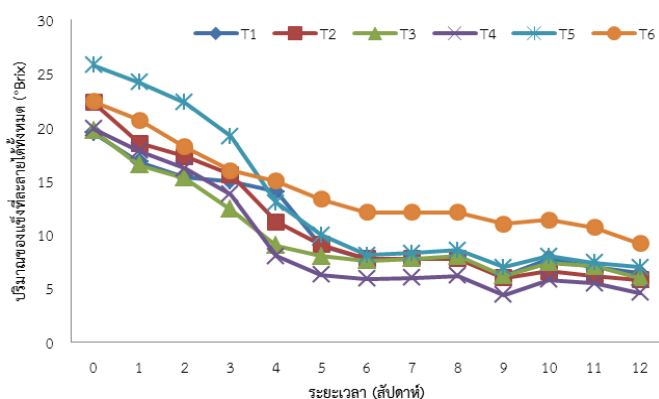
จากการนำกล้วยมาหมักเป็นน้ำส้มสายชูในอัตราส่วนเนื้อกล้วย : น้ำตาล : น้ำ ในอัตราส่วน 3 : 1 : 5 โดยหมักกล้วยทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน ทำการตรวจวัด ค่า pH, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้

ทั้งหมด และ ปริมาณร้อยละของแอลกอฮอล์ อาทิตยละ 1 ครั้ง ในแต่ละครั้งทำการตรวจวัดอย่างละ 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ย แล้วนำไปวาดกราฟแสดงความสัมพันธ์กับเวลา (สัปดาห์) ดังรูปที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ



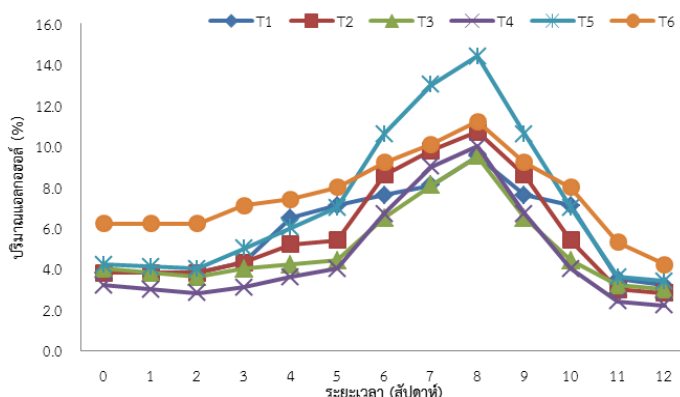
รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของน้ำส้มสายชูจากกล้วย เวลา 12 สัปดาห์

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่า ค่า pH ของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยแบบไม่ใช้อากาศสัปดาห์ที่ 0 (เริ่มต้น) มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.3 – 6.8 และมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 1 - 3 จนกระทั่งเกือบคงที่ในช่วงสัปดาห์ที่ 6 - 8 อยู่ที่ pH 1.8 – 2.0 จากนั้นหมักต่อแบบใช้อากาศตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8 พบว่า ค่า pH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งค่า pH ของตัวอย่างทดลอง ($T_1 - T_6$) ไม่แตกต่างกันมากนัก



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) ของน้ำส้มสายชูจากกล้วยในระยะเวลา 12 สัปดาห์

จากกราฟที่ 2 จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยในสัปดาห์ที่ 0 (เริ่มต้น) มีค่า 19.7 – 25.8 °Brix และมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงในสัปดาห์ที่ 4 มีค่า 8.0 – 15.0 °Brix อันเป็นผลมาจากการถูกใช้ไปในกระบวนการหมักเพื่อให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการหมักน้ำส้มสายชูโดยวิธีธรรมชาตินี้ ใช้ระยะเวลาในการหมักเริ่มต้นเพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ใช้เวลาเพียง 4 สัปดาห์ ก็สามารถผลิตต่อไปเป็นน้ำส้มสายชูได้ ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของ T_4 ดีที่สุด



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ (%) ของน้ำส้มสายชูจากกล้วย เวลา 12 สัปดาห์

จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าปริมาณแอลกอฮอล์ของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยแบบไม่ใช้อากาศในสัปดาห์ที่ 0 (เริ่มต้น) มีค่า 3.2 – 6.2% และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 8 มีค่า 9.5 – 14.4%

จากนั้นหมักต่อแบบใช้อากาศตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8 พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์ลดลงเป็น 2.2 – 4.2% ซึ่งปริมาณแอลกอฮอล์ T_5 ในสัปดาห์ที่ 8 สูงที่สุดคือ 14.4% ซึ่งกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูเมื่อผลิตแอลกอฮอล์ได้มาก สามารถผลิตกรดน้ำส้มสายชูได้มากเช่นเดียวกัน

4. ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของน้ำส้มสายชูจากกล้วย

หลังจากหมักกล้วยให้น้ำส้มสายชูแล้ว นำมาวิเคราะห์หาคคุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการของผลกล้วยน้ำว้าสุก 100 กรัม ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเปรียบเทียบระหว่างคุณค่าทางโภชนาการของน้ำส้มสายชูจากกล้วยกับผลกล้วยน้ำว้าสุก (100 กรัม)

ตัวอย่างทดลอง	เปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการของผลกล้วยน้ำว้าสุก 100 กรัม					
	โปรตีน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	วิตามินซี	วิตามินบี 1	วิตามินบี 2
	(g)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)
กล้วยน้ำว้าสุก	1.2	32	204	14.00	0.03	0.04
T ₁	0.012	0.66	3.79	2.12	0.01	ไม่พบ
T ₂	0.014	0.95	5.79	2.50	0.01	ไม่พบ
T ₃	0.020	1.16	3.86	2.65	0.01	ไม่พบ
T ₄	0.011	0.81	2.95	2.10	0.01	ไม่พบ
T ₅	0.016	1.35	3.49	2.53	0.01	ไม่พบ
T ₆	0.022	1.28	2.09	2.59	0.01	ไม่พบ

หมายเหตุ: T₁ = กล้วยมะลิอ่อนสุกน้อย T₂ = กล้วยมะลิอ่อนสุก T₃ = กล้วยมะลิอ่อนสุกจัด
T₄ = กล้วยค่อมสุกน้อย T₅ = กล้วยค่อมสุก T₆ = กล้วยค่อมสุกจัด

จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของน้ำส้มสายชูจากกล้วย พบว่า ปริมาณโปรตีนของ T₆ มีมากที่สุดคือ 0.022 g/100g ของผลกล้วย ในขณะที่ปริมาณโปรตีนของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุกน้อยทั้ง 2 ชนิดให้ปริมาณน้อย ปริมาณฟอสฟอรัสของ T₅ มีมากที่สุดคือ 1.35 mg/100g ของผลกล้วย ในขณะที่ T₁ มีน้อยที่สุดคือ 0.66 mg/100g ของผลกล้วย ปริมาณโพแทสเซียมของ T₂ มีมากที่สุดคือ 5.79 mg/100g ของผลกล้วย ในขณะที่ T₆ มีน้อยที่สุดคือ 2.09 mg/100g ของผลกล้วย ปริมาณวิตามินซีอยู่ในช่วง 2.10 – 2.65 mg วิตามินบี 1 0.01 mg และจากการตรวจสอบไม่พบปริมาณ วิตามินบี 2

5. ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำส้มสายชูจากกล้วยกับมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู

หลังจากหมักกล้วยให้เป็นน้ำส้มสายชูจากกล้วยแล้ว จากนั้นนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบคุณภาพน้ำส้มสายชูตามมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 เรื่อง น้ำส้มสายชูได้ผล ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำส้มสายชูจากกล้วยกับมาตรฐานน้ำส้มสายชูตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 เรืองน้ำส้มสายชู

คุณลักษณะ	ตัวอย่างทดลอง						
	มาตรฐาน น้ำส้มสายชู	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
ปริมาณกรดทั้งหมด (%TA) (as acetic acid)	> 4	0.91	2.39	1.50	3.77	1.70	2.68
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ทั้งหมด (TSS; °Brix)	*	6.4	5.8	6.0	4.6	7.0	9.2
ค่าความเป็นกรด – เบส (pH)	*	2.2	2.1	2.5	2.3	2.9	2.6
ปริมาณแอลกอฮอล์ (%)	≤ 0.5	3.2	2.8	3.0	2.2	3.4	4.2
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (g/L)	2.07	15.56	10.63	13.44	10.23	31.49	34.26
ปริมาณสารหนู (As; ppm)	*	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
ปริมาณตะกั่ว (Pb; ppm)	*	0.576	0.490	0.479	0.442	0.473	0.416
ปริมาณทองแดง (Cu; ppm)	*	0.001	0.006	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
ปริมาณสังกะสี (Zn; ppm)	*	0.375	0.188	0.421	0.174	0.148	0.169
ปริมาณเหล็ก (Fe; ppm)	*	0.744	0.354	0.277	0.200	0.272	0.421
ปริมาณ Mineral acid (กรดกำมะถัน)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ * หมายถึง ไม่สามารถตรวจสอบได้หรือไม่ได้ระบุ และ N.D. มีค่าน้อยกว่า 0.001 ppm

จากตาราง พบว่า ปริมาณกรดอะซิติกของ T₄ มีค่า 3.77 ซึ่งมีค่ามากที่สุดและใกล้เคียงมาตรฐานน้ำส้มสายชูมากที่สุด แต่จากการวิเคราะห์พบว่าน้ำส้มสายชูจากกล้วยมีคุณภาพไม่ตรงตามมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขกำหนด 2 คุณลักษณะ คือ ปริมาณกรดอะซิติกที่มีค่าน้อยกว่า 4% และมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตกค้างเกิน 0.5% ส่วนคุณลักษณะปริมาณสารปนเปื้อนได้แก่ สารหนู, ตะกั่ว, ทองแดง, สังกะสี และเหล็ก มีปริมาณไม่เกินปริมาณที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด และไม่พบปริมาณของ

กรดกำมะถันในน้ำส้มสายชูจากกล้วย ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานน้ำส้มสายชูตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข

จากผลการทดลอง พบว่าได้น้ำส้มสายชูจากกล้วยที่มีลักษณะสีเหลืองน้ำตาล มีกลิ่นหอมของกล้วยและกลิ่นกรดอะซิติก, มีปริมาณน้ำส้มสายชูจากกล้วยมะลิอ่องสุกจัดมากที่สุด 883.33 mg/Kg ของกล้วย, มีค่าความชื้นและคุณลักษณะทางด้านสีไม่ต่างกัน จากการตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการพบว่า ปริมาณโปรตีนของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยค่อมสุกจัดมีมากที่สุดคือ 0.022 g/100g ของผลกล้วย ในขณะที่ปริมาณโปรตีนของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุกน้อยทั้ง 2 ชนิดให้ปริมาณโปรตีนน้อย, ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยค่อมสุกมีมากที่สุดคือ 1.35 mg/100g ของผลกล้วย ในขณะที่น้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยมะลิอ่องสุกน้อยมีค่าน้อยที่สุดคือ 0.66 mg/100g ของผลกล้วย ปริมาณโพแทสเซียมของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยมะลิอ่องสุกมีมากที่สุดคือ 5.79 mg/100g ของผลกล้วย, ปริมาณวิตามินซีอยู่ในช่วง 2.10 – 2.59 mg ซึ่งพบว่าน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุกจัดให้ปริมาณวิตามินซีมากที่สุด, วิตามินบี1 0.01 mg ซึ่งทุกตัวอย่างทดลองมีค่าไม่ต่างกัน และจากการตรวจสอบไม่พบปริมาณวิตามินบี 2 จากผลการทดลองพบว่า ในการผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วยน้ำว้าทั้ง 2 ชนิด มีผลไม่ต่างกัน และควรใช้ผลกล้วยที่มีระยะเวลาสุก – สุกจัดในการหมัก เพื่อให้ได้คุณค่าทางโภชนาการที่สูงที่สุด และจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการของผลกล้วยน้ำว้าพบว่า น้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยมีคุณค่าทางโภชนาการลดลงแสดงว่าคุณค่าทางโภชนาการถูกสลายและละลายไปกับน้ำหมักในขั้นตอนและกระบวนการหมัก เช่น วิตามิน และจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี พบว่ามีค่า pH อยู่ระหว่าง 2.1– 2.9, ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ อยู่ระหว่าง 10.23 – 34.26 g/L, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 4.6 – 9.2 °Brix, ปริมาณกรดอะซิติกอยู่ระหว่าง 0.91 - 3.77%, ปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ระหว่าง 2.2 – 4.2% เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำส้มสายชูตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 พบว่าปริมาณกรดอะซิติกน้อยกว่า 4% และปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตกค้างเกิน 0.5% มีคุณภาพไม่ตรงตามมาตรฐานกำหนด ส่วนปริมาณสารปนเปื้อนได้แก่ สารหนู, ตะกั่ว, ทองแดง, สังกะสี และเหล็ก มีค่าน้อยกว่า 1 mg/L ซึ่งไม่เกินปริมาณที่กำหนด และไม่พบกรดกำมะถันหรือกรดแอสซาร์

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากสรุปผลการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรดในการหมักยังไม่เหมาะสมต่อการหมักให้เป็นแอลกอฮอล์ สภาวะที่เหมาะสมต่อการหมักเพื่อผลิตเอทานอลควรมีค่า pH 0.4 ศุภกาญจน์ พรหมจันทร์ (2553 : 29) จากการตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่า มีแนวโน้มลดลง แสดงว่าน้ำตาลที่ใส่ลงไปในการหมักเป็นอาหารให้สำหรับยีสต์ จึงลดลงอย่างรวดเร็ว และจากการวิเคราะห์ข้อมูล

พบว่ากล้วยสุกมีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดสูงกว่ากล้วยดิบ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานผลการวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในมะม่วง กล้วย และมะละกอ ของ ศิริธร ศิริอมรพรรณ และ นเรศ มีโส (2552) ที่กล่าวไว้ว่า กล้วยมีปริมาณเส้นใยทั้งหมดอยู่ในช่วง 11 – 14% และกล้วยสุกมีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดสูงกว่ากล้วยดิบ และจากการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นไปตามกลไกในการหมักน้ำสัสมายูจากวัตถุดิบประเภทน้ำตาล เป็นปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน คือ การเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ โดยไม่ใช้อากาศ ขั้นตอนนี้ปริมาณแอลกอฮอล์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกโดยใช้อากาศ ขั้นตอนนี้แอลกอฮอล์จะลดลงเนื่องจากจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศกลายเป็นกรดอะซิติก นิตยา แจ่มใส (2544 : 16) ส่วนปริมาณแอลกอฮอล์ของกล้วยระยะสุกจัดจะมีปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุด คือ 4.2% ทั้งนี้คาดว่าความสุกจัดของกล้วยทำให้เกิดแอลกอฮอล์ได้ง่ายกว่ากล้วยระยะสุก และระยะสุกน้อย ตามลำดับ เนื่องจากระยะสุกจัดจะมีปริมาณน้ำตาลมากกว่าทำให้ไม่ต้องใช้เวลาในการย่อยแบ่งให้เป็นน้ำตาลเหมือนระยะสุกน้อย และจากการพิจารณากราฟที่ 1 – 3 ที่แสดงผลการตรวจวัดความเป็นกรด – เบส (pH), ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$ Brix) และ ปริมาณของแอลกอฮอล์ (%) พบว่ากระบวนการหมักในขั้นตอนการผลิตน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์นั้นใช้ระยะเวลาในการหมักเพียง 4 สัปดาห์ ก็สามารถนำแอลกอฮอล์ที่ได้มาผลิตเป็นกรดอะซิติกได้ เพื่อให้ได้ปริมาณกรด และปริมาณแอลกอฮอล์ตรงตามมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขกำหนด

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของน้ำสัสมายูจากกล้วยได้แก่ โปรตีน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, วิตามินซี และ วิตามินบี พบว่า ในการผลิตน้ำสัสมายูจากกล้วยควรใช้ผลกล้วยที่มีระยะเวลาสุก – สุกจัดในการหมัก เพื่อให้ได้คุณค่าทางโภชนาการที่สูงที่สุด ถึงแม้ว่าน้ำสัสมายูหมักจากกล้วยมีคุณค่าทางโภชนาการลดลงเนื่องจากการสลายและละลายไปในกระบวนการหมักก็ตาม โดยทฤษฎีของเครบ (Kreb's theory) ได้อธิบายถึงกระบวนการเปลี่ยนอาหารให้เป็นพลังงานโดยการเติมน้ำสัสมายูหมักเข้าไปเพื่อให้กรดอะซิติกไปกำจัดกรดแลกติก ทำให้สภาวะเลือดเป็นกรดหายไป ส่งผลให้เกิดการจัดความอ่อนเพลียของร่างกาย (Thai Japan Beverage Partnership. 2555: ออนไลน์)

คุณภาพน้ำสัสมายูหมักจากกล้วย พบว่าปริมาณกรดอะซิติกของตัวอย่างทดลอง T_4 มีค่า 3.77 ซึ่งมีค่าสูงที่สุดและใกล้เคียงมาตรฐานน้ำสัสมายูมากที่สุด ซึ่งผลใกล้เคียงกับ Bartolome V. Casuga Jr (2008) ที่ได้ปริมาณของกรดอะซิติก 3.66 ของการหมักน้ำสัสมายูจากกล้วย เนื่องจากกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดมาตรฐานน้ำสัสมายูไว้ว่าจะต้องมีปริมาณกรดอะซิติกไม่น้อยกว่า 4% และมีปริมาณแอลกอฮอล์ตกค้างไม่เกิน 0.5% เมื่อพิจารณาน้ำสัสมายูหมักจากกล้วย พบว่ามีคุณภาพไม่ตรงตามที่มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขกำหนด เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลต่อกระบวนการหมักและกระบวนการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้กลายเป็นกรดอะซิติกนั้นอาจเนื่องมาจากหลาย

ปัจจัย เช่น ยีสต์ที่ใช้ในกระบวนการหมักเป็นยีสต์ที่มีอยู่ในผลกล้วยอาจมีน้อยเกินไป ทำให้ผลิตแอลกอฮอล์ได้น้อย ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ได้น้อยตามไปด้วย ซึ่งถ้าสามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้จำนวนมากแล้ว คาดว่าน่าจะมีการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ไปเป็นกรดอะซิติกได้มากขึ้นด้วย (นิภา พวงทอง, 2551 : 73) สภาวะที่ใช้เวลาในการหมักอาจไม่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติกเพราะไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอในการออกซิไดส์แอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก หรือแอลกอฮอล์ยังเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติกไม่หมด อีกทั้งในระหว่างการหมักไม่ได้มีการการตรวจวัดปริมาณกรดอะซิติกอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผู้วิจัยวางแผนการตรวจสอบปริมาณกรดอะซิติกหลังจากกระบวนการสิ้นสุดแล้วเท่านั้น ทำให้ไม่ทราบสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตในครั้งนี้ ในการผลิตกรดอะซิติก ศุภกาญจน์ พรหมจันทร์ (2553 : 29) กล่าวว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติก ควรมีความกรด 0.45 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 18 °Brix และปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นการหมัก 5 % และควรหมักที่อุณหภูมิ 30 °C ส่วนปริมาณสารปนเปื้อนในน้ำส้มสายชู ได้แก่ สารหนู, ตะกั่ว, ทองแดง, สังกะสี และเหล็ก พบว่า มีปริมาณไม่เกินปริมาณที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด และ ไม่พบปริมาณของกรดกำมะถันในน้ำส้มสายชูจากกล้วย ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานน้ำส้มสายชูตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 204 พ.ศ. 2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู แสดงว่า การรับประทานน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยด้วยกรรมวิธีหมักแบบธรรมชาติดีกว่าการรับประทานน้ำส้มสายชูแบบกลั่น เพราะน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยมีคุณค่าทางโภชนาการ สะอาด ปลอดภัยต่อการบริโภค ง่ายต่อการผลิต และสามารถเป็นเครื่องดื่มช่วยลดอาการอ่อนล้าของร่างกายได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. น้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยนี้มีความเป็นกรดไม่ได้มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 เรื่องน้ำส้มสายชู แต่สามารถนำมาเป็นเครื่องปรุงแต่งอาหาร หรือเครื่องปรุงรสตามร้านอาหาร หรือเป็นเครื่องดื่มน้ำหมักเพื่อรักษาสุขภาพได้
2. เมื่อนำกล้วยที่มีมากและราคาถูกในท้องถิ่นมาแปรรูปผลผลิตเพื่อลดปัญหาเรื่องราคา โดยการนำมาหมักให้เป็นน้ำส้มสายชู เป็นอีกช่องทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับกล้วยเหล่านั้น และเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร นอกจากนี้ผู้บริโภคยังได้บริโภคน้ำส้มสายชูที่สะอาด ปลอดภัย สามารถเก็บไว้นานโดยไม่ต้องใส่สารกันเสีย และมีคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย
3. ในการทดลองครั้งนี้ได้ผลของกรดอะซิติกและปริมาณแอลกอฮอล์ไม่เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 เรื่องน้ำส้มสายชู จึงควรศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิต

น้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยด้วยการหมักแบบธรรมชาติ หรือใช้มาตรฐานน้ำหมักเพื่อสุขภาพในการเปรียบเทียบคุณภาพ เพื่อนำไปเผยแพร่ให้กับเกษตรกรที่สนใจต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมอนามัย. กองโภชนาการ. (2553). *คุณค่าทางโภชนาการในผลไม้*. นนทบุรี: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- จุฑามาศ มณีวงศ์. (2551). *การผลิตน้ำส้มสายชูจากสาโท*. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- นิตยา แจ่มใส และนิตยา ซาโรจน์. (2544). *การผลิตน้ำส้มสายชูจากน้ำตาลโดนด*. ปัญหาพิเศษ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.
- นิภา พวงทอง. (2551). *การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากลิ้นจี่ (Litchi chinensis Somn.) กระท้อนพันธุ์พื้นบ้าน (Sandoricum koetjape (Burm.f.) Merr.) และกระเจี๊ยบ (Hibiscus sabdariffa Linn.): กรณีศึกษา ตำบลห้วยสัก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย*. การศึกษาอิสระวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, เชียงราย.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 204. (2543). *น้ำส้มสายชู*. ใน *ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป* (เล่ม 118 ตอนพิเศษ 6ง)
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2555). *น้ำส้มสายชู*. สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2555, จาก เว็บไซต์: <http://www.foodnetworksolution.com>
- มาลัย บุญรัตนกรกิจ และฉกามาต วงศ์ข้าหลวง. (2552). *การผลิตน้ำส้มสายชูพร้อมดื่ม*. เอกสารประกอบการฝึกอบรม สถาบันคั้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- ศิริธร ศิริอมรรณ และเนเรศ มีโส. (2552). *การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในมะม่วง กล้วย มะละกอ* (เอกสารทางวิชาการ). มหาสารคาม: สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ศุภกาญจน์ พรหมขันธ์ และคณะ. (2553). *การผลิตน้ำส้มสายชูจากเฒ่าแดง*. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.).
- Bartolome V., & Casuga Jr. (2008). Analysis of the physicochemical properties and determination of acetic acid content of banana vinegar, University of the Philippines, Diliman, Quezon City.
- Thai Japan Beverage Partnership. (2555). *การดื่มน้ำส้มสายชูหมัก*. สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555, จากเว็บไซต์: <http://www.thai-japanbev.com>
- The Association of Official Analytical Chemists. (2000). *Official method of analysis*. Maryland: AOAC.