การศึกษาองค์ประกอบหลักทางเคมีของสาโทที่หมักโดยยีสต์สายพันธุ์ต่าง ๆ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

Study of main chemical compounds in Sato fermented by various yeast strains on product quality

พงษ์เทพ อริยเจริญวงศ์ (Pongthep Ariyajarearnwong)[1]
อรรคพล คำภูแสน (Akkapon Kumpusan)[1]
พัฒนา เหล่าไพบูลย์ (Pattana Laopaiboon)[2]
กิติพงษ์ เวชกามา (Kitipong Wechgama)[3]
และ ลักขณา เหล่าไพบูลย์ (Lakkana Laopaiboon)[2*]

บทคัดย่อ

การผลิตสาโทหรือไวน์ข้าวโดยรา *Rhizopus* sp. และแปรผันยีสต์ที่ใช้ 4 สายพันธุ์ คือ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ของ หจก. สัมฤทธิ์มั่นคง, *S. cerevisiae* NP01, *S. bayanas* EC1118 และ *S. cerevisiae* Sweden พบว่าสาโทที่ได้มีองค์ประกอบหลักทางเคมีอย่างน้อย 30 ชนิด โดยสารระเหยหลักในสาโททั้งหมดที่น่าจะมีอิทธิพลต่อประสาทสัมผัสมีอย่างน้อย 7 ชนิด เมื่อนำสาโททั้ง 4 ชนิด และสาโทสยาม (ของหจก.สัมฤทธิ์มั่นคง) มาทดสอบชิมโดยใช้แบบประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม จากผู้บริโภคสาโทภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นพบว่า มีเฉพาะคุณลักษณะด้านกลิ่นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสาโทที่หมักจากยีสต์ของโรงงาน, NP01 และ EC1118 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีค่าคะแนนสูงกว่ายีสต์ Sweden ส่วนผู้ทดสอบชิมสาโทที่เป็นตัวแทนของ หจก. สัมฤทธิ์มั่นคง ให้ค่าคะแนนการชิมสาโทในแต่ละลักษณะไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อใช้วิธีสกัดปัจจัย (Principal component analysis, PCA) จำแนกกลุ่มองค์ประกอบหลักทางเคมีในสาโทพบว่า สามารถแบ่งได้เป็น 4 องค์ประกอบหลัก อย่างไรก็ตามองค์ประกอบหลักแต่ละกลุ่มไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะด้านต่างๆ ที่ใช้ทดสอบชิม

Abstract

Sato (rice wine), produced by *Rhizopus* sp. and 4 strains of *Saccharomyces; S. cerevisiae* from Samritmonkong Co. Ltd., S. *cerevisiae* NP01, *S. bayanas* EC1118 and *S. cerevisiae* Sweden; contained at least

[1]*บัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
[2]*รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
[3]*ผู้จัดการ ศูนย์วิจัยการหมักเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
[*]*corresponding author, e-mail : lakcha@kku.ac.th*

30 chemical compounds. From the compounds identified, there were at least 7 compounds which were the most powerful odourants in the Satos. Sensory evaluation of the 4 Satos and Siam Sato (produced by Samritmonkhong Co. Ltd.) was determined by preference test. Five sensory characteristics of Sato, appearance, colour, odour, taste and overall liking, were evaluated by tasters in Khon Kaen University. The results showed that only the scores of odour were significantly different among the 5 Satos ($p<0.05$). The Satos fermented by the yeast of Samritmonkong Co. Ltd., NP01 and EC1118 gave higher scores compared to that of the Sato fermented by Sweden. The preference test scores of each characteristic evaluated by the tasters from Samritmonkong Co. Ltd. were not significantly different ($p>0.05$) among the Satos. The main volatile compounds in the Satos were classified by principal component analysis (PCA) into 4 groups. However, each group of the volatile compounds did not influence the five sensory characteristics.

คำสำคัญ: สาโท, องค์ประกอบหลักทางเคมี, *Saccharomyces*
Keywords: Sato, main chemical compounds, *Saccharomyces*

บทนำ

สาโทคือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่เกิดจากการหมักข้าวเหนียวขาวหรือข้าวเหนียวดำด้วยลูกแป้ง ซึ่งใช้เป็นกล้าเชื้อที่มีรา ยีสต์ และแบคทีเรีย การใช้ลูกแป้งทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพของสาโทให้คงที่ได้ ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บสั้น การสร้างคุณภาพและรสชาติที่เป็นมาตรฐานเดียวกันให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มีอายุการเก็บนาน ปัจจัยแปรผันสำคัญประการหนึ่งคือกล้าเชื้อ หรือลูกแป้ง เนื่องจากกระบวนการผลิตลูกแป้งแบบดั้งเดิมยังไม่สามารถควบคุมคุณภาพทางกายภาพ เคมี และชีวภาพให้คงที่ได้ การเตรียมวัตถุดิบและวิธีการทำลูกแป้ง สภาพอากาศ ระดับความชื้นสัมพัทธ์ ตลอดจนการจัดเก็บรักษาลูกแป้งที่ไม่เหมาะสม เป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนและการสูญเสียจุลินทรีย์ที่จำเป็นต่อการหมัก การผลิตสาโทจากจุลินทรีย์บริสุทธิ์จึงเป็นวิธีหนึ่งในการควบคุมคุณภาพของสาโทให้มีมาตรฐานได้ (ลิขิต, 2549)

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตสาโทจากจุลินทรีย์บริสุทธิ์โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อศึกษาอิทธิพลของยีสต์สายพันธุ์ต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพสาโทในแง่ขององค์ประกอบหลักทางเคมีและการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการผลิตสาโทให้มีคุณภาพสูงขึ้น เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และสามารถแข่งขันกับเครื่องดื่มแอลกอฮอล์อื่นๆ จากต่างประเทศได้ โดยงานวิจัยนี้ทำการศึกษาร่วมกับ หจก.สัมฤทธิ์มั่นคง ที่ผลิตสาโทในนาม สาโทสยาม

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. จุลินทรีย์และวัตถุดิบ

1) รา *Rhizopus* sp. สายพันธุ์ของ หจก. สัมฤทธิ์มั่นคง

2) ยีสต์ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ของ หจก. สัมฤทธิ์มั่นคง, *S. cerevisiae* สายพันธุ์ NP01, *S. bayanas* สายพันธุ์ EC1118 และ *S. cerevisiae* สายพันธุ์ Sweden

3) ข้าวเหนียว (จาก หจก. สัมฤทธิ์มั่นคง)

2. วิธีการทดลองและการวิเคราะห์ผล

1. การผลิตสาโท

หมักสาโทในโหลแก้วขนาด 6 ลิตร แปรผันสายพันธุ์ยีสต์ที่ใช้ 4 สายพันธุ์ดังข้อ 2.1 โดยหมักจำนวน 4 โหลต่อยีสต์ 1 สายพันธุ์ ขั้นตอนกระบวนการผลิตสาโทแสดงดังรูปที่ 1

การติดตามการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก และการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางเคมีของสาโท

ในระหว่างการหมักสาโทเก็บตัวอย่างน้ำหมักที่เวลาต่างๆ เพื่อวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยใช้ Hand refractometer ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยวิธี Phenol sulfuric ปริมาณกรดโดยรวมโดยวิธีการไตเตรท (Zoecklien et al., 1995) และปริมาณเอทานอล โดยใช้แก๊สโครมาโตกราฟี (Laopaiboon et al., 2007) สาโทที่บรรจุขวดแล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางเคมี โดยวัดปริมาณกรด น้ำตาล และกลีเซอรอล ด้วยใช้ลิควิดโครมาโตกราฟี (HPLC) (Sirisantimathakom และคณะ, 2004) และวัดปริมาณสารระเหยหลัก โดยใช้แก๊สโครมาโตกราฟี (Sirisantimathakom et al., 2008)

การทดสอบชิม

สาโทที่บรรจุขวดแล้วนำไปทดสอบชิมโดยใช้ระดับคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-points Hedonic scale) โดยมีกลุ่มผู้ทดสอบชิม 2 กลุ่ม คือ กลุ่มบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 32 คน และกลุ่มตัวแทนจาก หจก.สัมฤทธิ์มั่นคง จำนวน 5 คน โดยตัวอย่างที่ใช้ทดสอบชิม คือ สาโทที่ได้จากการหมักโดยยีสต์ 4 สายพันธุ์ และสาโทสยามที่ผลิตจากโรงงาน ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อตัวอย่างสาโทแต่ละชนิดจะถูกวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละลักษณะที่ประเมิน ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว (Univariate) เมื่อพบความแตกต่างของตัวอย่างจะใช้ Duncan's Multiple Range Test ประเมินความแตกต่างระหว่างตัวอย่างทีละคู่

การหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลักทางเคมีและความชอบ

ใช้วิธีสกัดปัจจัย (Principal component analysis) หรือ PCA ในการจำแนกองค์ประกอบหลักทางเคมีในสาโท จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลักที่จำแนกได้กับค่าคะแนนความชอบด้านต่างๆ และหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนความชอบด้านต่างๆ ต่อค่าคะแนนความชอบโดยรวม โดยใช้ Linear regression analysis

3. ผลการทดลองและอภิปราย

1. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหลักระหว่างการหมักสาโท

หลังจากเติมกล้าเชื้อราลงในข้าวเหนียวนึ่งสุกแล้วหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน พบว่าเชื้อราของโรงงานสามารถย่อยแป้งในข้าวเหนียวนึ่งได้ดี โดยได้น้ำต้อยที่มีค่าความหวานหรือปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 30 องศาบริกซ์ ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกับความหวานของน้ำต้อยที่ หจก. สัมฤทธิ์มั่นคง หมักได้ จากนั้นทำการผ่าน้ำลงไปในโหลหมักก่อนเติมกล้าเชื้อยีสต์สายพันธุ์ต่างๆ ผลการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหลักต่างๆ ในน้ำหมักสาโทแสดงดังรูปที่ 2 จากรูปที่ 2ก พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำหมักลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเติมกล้าเชื้อยีสต์ทั้ง 4 สายพันธุ์ โดยเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก สาโทที่หมักจากยีสต์สายพันธุ์โรงงานมีปริมาณของแข็งที่ละลาย 6.8 องศาบริกซ์ ในขณะที่เมื่อใช้ยีสต์อีก 3 สายพันธุ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เหลือเพียง 5.4 ถึง 5.7 องศาบริกซ์ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในน้ำหมักพบว่า ยีสต์ที่ใช้ในการหมักทุกสายพันธุ์สามารถใช้น้ำตาลได้อย่างสมบูรณ์ ยกเว้นยีสต์สายพันธุ์ของโรงงานที่เมื่อสิ้นสุดการหมักมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเหลือประมาณ 16.5 กรัมต่อลิตร (รูปที่ 2ข) สำหรับปริมาณเอทานอลที่เกิดขึ้นพบว่า ความสามารถในการใช้น้ำตาลของยีสต์สอดคล้องกับปริมาณเอทานอลที่ยีสต์ผลิตขึ้น ยีสต์ทุกสายพันธุ์สามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอลได้ตั้งแต่เริ่มต้นการหมัก อย่างไรก็ตามยีสต์โรงงานมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลเป็นเอทานอลต่ำที่สุดโดยเมื่อสิ้นสุดการหมักปริมาณเอทานอลของสาโทที่หมักจากยีสต์โรงงานมีความเข้มข้น 9.3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งต่ำกว่าปริมาณเอทานอลของสาโทที่หมักจากยีสต์อีก 3 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณเอทานอล 10.5 ถึง 11.3 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 2 ค)

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางเคมี

เมื่อนำสาโทที่บรรจุขวดแล้วไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า สาโทที่หมักจากยีสต์ 4 สายพันธุ์มีองค์ประกอบหลักทางเคมีอย่างน้อย 30 ชนิด ประกอบด้วย สารระเหยหลัก 15 ชนิด กรด 11 ชนิด น้ำตาล 3 ชนิด และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาจากค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารใดๆ ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ (threshold) พบว่า สารระเหยหลักที่น่าจะมีอิทธิพลต่อประสาทสัมผัสมี 7 ชนิด คือ ethyl acetate, ethyl butyrate, isobutyl alcohol, 1-hexanol, isovaleric acid, ethyl hexanoate และ ethyl decanoate เนื่องจากความเข้มข้นของสารทั้ง 7 ชนิดที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงกว่าค่า threshold ของสารนั้นๆ (Rocha et al., 2004)

3 การประเมินความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อสาโท

1. ผลการทดสอบชิมสาโท

ผลการทดสอบชิมสาโทของกลุ่มที่ 1 หรือกลุ่มบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ตารางที่ 2) พบว่าสาโทที่หมักจากยีสต์ EC1118 มีค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติสูงที่สุด ในขณะที่สาโทที่หมักจากยีสต์โรงงานมีค่าคะแนนความชอบด้านสี และความชอบโดยรวมสูงที่สุด อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และความชอบโดยรวม ของสาโททั้ง 5 ชนิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน 5 ตัวอย่าง ($p<0.05$) โดยแบ่งเป็นกลุ่มคะแนนต่ำ ประกอบด้วย สาโทยีสต์ Sweden และสาโทสยาม และกลุ่มคะแนนสูง ประกอบด้วย สาโทยีสต์โรงงาน สาโทยีสต์ NP01 และสาโทยีสต์ EC1118 โดยตัวอย่างภายในแต่ละกลุ่มจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

สำหรับผลการทดสอบชิมของกลุ่มที่ 2 หรือกลุ่มตัวแทนจาก หจก.สัมฤทธิ์มั่นคง (ตารางที่ 3) พบว่าสาโทที่หมักจากยีสต์ EC1118 มีค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ของสาโททั้ง 5 ชนิด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

เมื่ออ้างอิงตามเกณฑ์มาตรฐานแบบระดับคะแนนความชอบ 9 ระดับ (ไพโรจน์ 2545) พบว่า ผู้ทดสอบชิมทั้งสองกลุ่มให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ระหว่าง 5.6 ถึง 7.0 (ตารางที่ 2 และ 3) แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชิมมีความชอบสาโทต่อตัวอย่างสาโททั้งหมดในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบค่อนข้างมาก

2. ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลักทางเคมีและความชอบในด้านต่างๆ

จากการจำแนกองค์ประกอบหลักทางเคมีที่ได้ด้วยวิธี PCA สามารถแบ่งได้เป็น 4 องค์ประกอบหลัก (ตารางที่ 4) และเมื่อหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบหลักกับค่าคะแนนความชอบด้านต่างๆ พบว่า องค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบ ไม่แสดงอิทธิพลต่อค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ($p>0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารเคมีที่มีอยู่ในองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบหลักนี้ ไม่มีความสัมพันธ์ต่อค่าคะแนนความชอบดังกล่าว

3. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนความชอบด้านต่างๆ ต่อค่าคะแนนความชอบโดยรวม

เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนความชอบด้านต่างๆ ต่อค่าคะแนนความชอบโดยรวม พบว่าค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติ แสดงอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อค่าคะแนนความชอบโดยรวม ($p<0.05$) ส่วนค่าคะแนนความชอบด้านสี ไม่แสดงอิทธิพลต่อค่าคะแนนความชอบโดยรวม ($p>0.05$)

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ยีสต์สายพันธุ์ NP01, EC1118 และ Sweden สามารถหมักเอทานอลเพื่อผลิตสาโทได้เร็วกว่ายีสต์สายพันธุ์โรงงาน และองค์ประกอบหลักทางเคมีในสาโทที่หมักจากยีสต์ 4 สายพันธุ์มีอย่างน้อย 30 ชนิด โดยสารระเหยหลักในสาโทที่น่าจะมีอิทธิพลต่อประสาทสัมผัสมีอย่างน้อย 7 ชนิด เมื่อนำสาโทที่หมักโดยยีสต์สายพันธุ์ต่างๆ และสาโทสยามที่ผลิตจากโรงงานมาทดสอบชิมโดยผู้บริโภคสาโทภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่าสาโทแต่ละชนิดมีลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สาโทที่หมักจากยีสต์ของโรงงาน, NP01 และ EC1118 ได้ค่าคะแนนด้านกลิ่นสูงกว่าสาโทที่หมักจากยีสต์สายพันธุ์ Sweden และสาโทสยาม สำหรับกลุ่มผู้ทดสอบชิมที่เป็นตัวแทนของ หจก.สัมฤทธิ์มั่นคง ให้ค่าคะแนนในแต่ละลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติ

องค์ประกอบหลักทางเคมี 4 องค์ประกอบที่พบในสาโท ไม่แสดงอิทธิพลต่อค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ($p>0.05$) ในขณะที่ค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติ แสดงอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อค่าคะแนนความชอบโดยรวม แต่ค่าคะแนนความชอบด้านสี ไม่แสดงอิทธิพลต่อค่าคะแนนความชอบโดยรวม

จากผลการทดลองที่ได้มีข้อเสนอแนะว่าตัวอย่างที่ใช้ทดสอบชิมควรมีตัวอย่างที่มีคุณภาพต่ำมาร่วมทดสอบด้วย เพื่อจะได้เห็นความแตกต่างของคะแนนความชอบ และองค์ประกอบหลักทางเคมีที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งจะได้ข้อมูลที่สามารถบ่งบอกถึงองค์ประกอบหลักทางเคมีที่มีอิทธิพลต่อความชอบของผู้ทดสอบชิมได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2550 ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ไพบูลย์ ด่านวิรุทัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ยีสต์ NP01 ขอขอบคุณ คุณสุระ โลหนุต หจก. สัมฤทธิ์มั่นคง และศูนย์วิจัยการหมักเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อนุเคราะห์วัสดุและอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ไพโรจน์ วิริยะจารี. 2545. **การประเมินทางประสาทสัมผัส.** เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารคณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลิขิต ศิริสันติเมธาคม. 2549. **การจัดทำดัชนีคุณภาพของสาโทจากองค์ประกอบหลักทางเคมีและระดับความชอบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Laopaiboon, L., Thanonkeo, P., Jaisil, P. and Laopaiboon, P. 2007. Ethanol production from sweet sorghum juice in batch and fed-batch fermentationsby Saccharomyces cerevisiae. **WorldJ Microbiol Biotechnol** 23 (10): 1497-1501.

Peinado, R.A., Moreno, J.J., Medina, M. and Mauricio, J.C. 2005. Potentialapplication of a glucose transportdeficient mutant of Schizosaccharomyces pombe for removing gluconic acidfrom grape must. **J Agr Food** Chem53(4): 1017 - 1021.

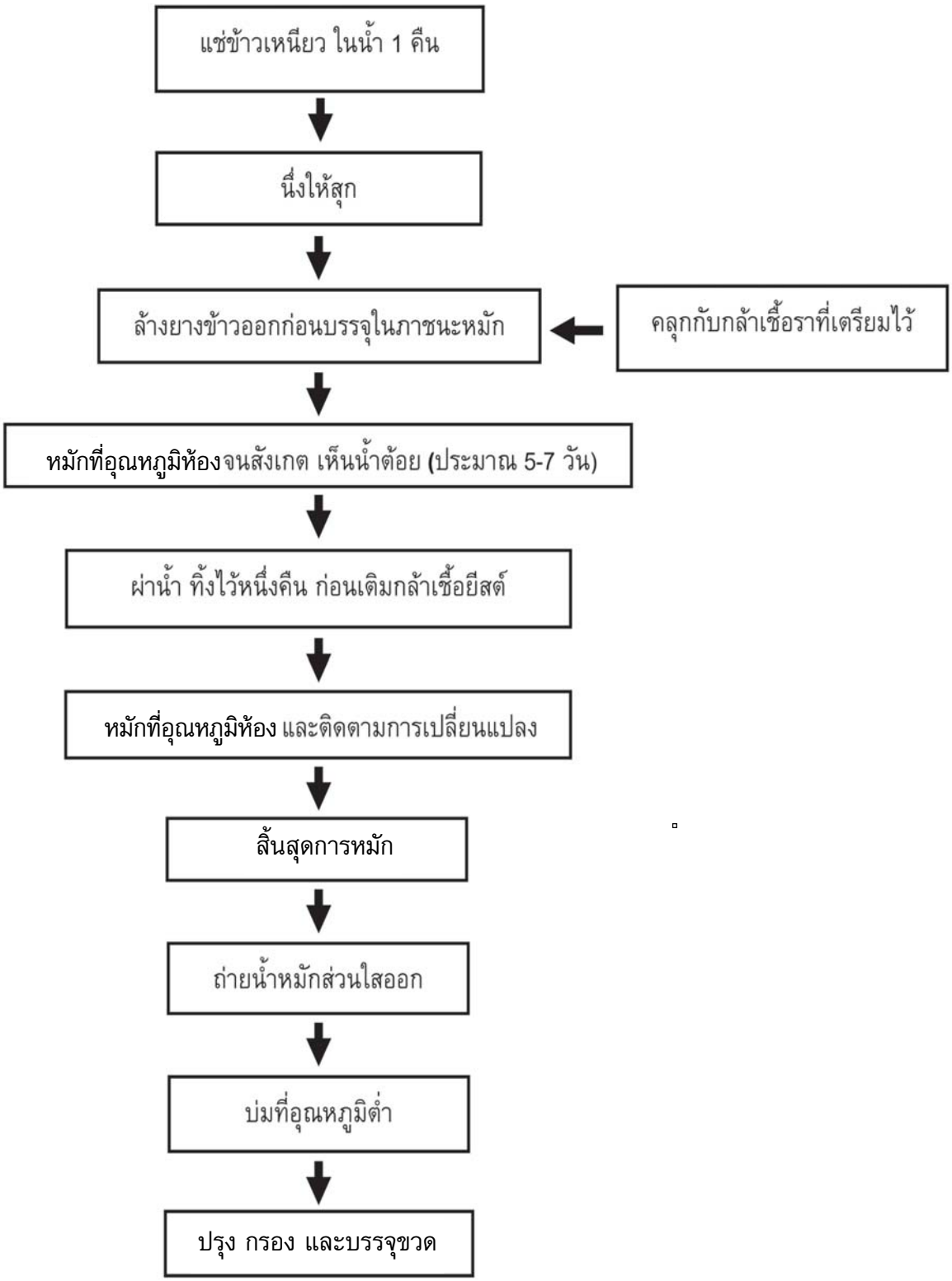
Peinado, R.A., Mauricio, J.C. and Moreno, J. 2006. Aromatics series in sherry wines with gluconic acid subjected to different biological aging conditions by Saccharomyces cerevisiae var. capensis. **Food Chem** 94(2): 232 - 239.

Rocha, S.M., Rodrigues, F., Coutinho, P., Delgadillo, I. and Coimbra, M.A. 2004. Volatile composition of Baga red wine: Assessment of the identification of the would-be impact odourants. **Anal Chim Acta** 513(1): 257-262.

Sirisantimathakom, L., Sritrakul, N., Laopaiboon, P. and Laopaiboon, L. 2004. Quantitative analysis of main volatile compounds in Sato using gas chromatography. In : **15th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology**, February 3-6, 2004, Chieng Mai, Thailand.

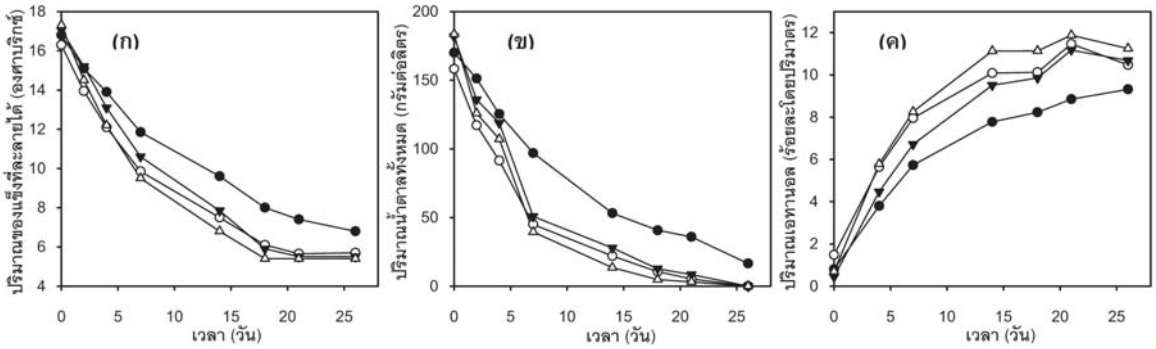
Sirisantimethakom, L., Laopaiboon, L., Danvirutai, P. and Laopaiboon, P. 2008. Volatile compounds of atraditional Thai rice wine. **Biotechnology**7(3): 505-513.

Zoecklien, B.W., Fugelsang, K.C., Gump, B.H. and Nury, F.S. 1995. Laboratory procedures. In : Wine Analysis and Production. Chapman & Mall, New York.



รูปที่ 1. กระบวนการผลิตสาโทจากจุลินทรีย์บริสุทธิ์ (หจก. สัมฤทธิ์มั่นคง)

08 198 4/2/09, 10:00 AM
Black



รูปที่ 2. การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลาย (ก) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ข) และปริมาณเอทานอล (ค) ระหว่างการหมักสาโทโดยยีสต์สายพันธุ์ต่างๆ : ยีสต์โรงงาน (●), NP01 (○), EC1118 (▼) และ Sweden (△)

ตารางที่ 1. องค์ประกอบหลักทางเคมีที่ตรวจพบในสาโทที่หมักโดยยีสต์สายพันธุ์ต่างๆ

สารประกอบ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	สาโท					Threshold [a,b] (มิลลิกรัมต่อลิตร)
	ยีสต์โรงงาน	NP01	EC1118	Sweden	สาโทสยาม	
Acetaldehyde	51.703	65.609	91.590	70.383	84.646	110
Ethyl acetate	202.109	137.438	190.113	222.654	33.845	12
Ethyl butyrate	53.330	55.693	94.099	72.581	72.797	0.4
Isobutyl alcohol	95.842	102.196	83.395	120.939	68.415	75
1-Butanol	1.636	1.746	1.314	2.950	9.914	150
Isoamyl alcohol	29.622	29.131	24.054	32.467	23.120	60
Ethyl hexanoate	95.552	109.821	101.177	130.476	107.355	0.08
4-Penten-1-ol	ND	0.859	4.175	ND	1.460	-
1-Hexanol	29.152	33.830	43.222	40.893	31.677	1.1
Butyric acid	ND	ND	0.668	ND	ND	2.2
Ethyl decanoate	1.182	0.782	0.666	1.141	2.547	0.5
Isovaleric acid	3.653	2.849	2.591	2.947	3.281	1.5
Diethyl succinate	2.305	1.657	1.149	2.220	0.830	1200
2-Phenetyl acetate	0.270	0.524	ND	0.465	1.268	1.8
Hexanoic acid	ND	ND	3.007	2.705	3.002	-
2-Phenethyl alcohol	33.062	30.226	24.085	32.497	35.439	200
Octanoic acid	2.600	2.760	3.141	3.229	2.943	-
Decanoic acid	1.138	1.135	1.236	1.398	1.146	6
Citric acid [c]	0.640	ND	ND	ND	1.87	-
Tartaric acid [c]	5.100	5.46	3.53	3.79	ND	-
Malic acid [c]	0.380	0.53	0.22	0.82	0.72	-
Succinic acid [c]	0.420	0.41	0.2	0.29	0.4	-
Lactic acid [c]	1.570	1.86	1.61	1.82	1.46	-
Acetic acid [c]	0.5	0.75	0.54	0.63	0.52	-
Glycerol [c]	5.93	5.67	5.38	5.3	6.34	-
Glucose [c]	29.20	25.27	6.63	7.98	9.39	-
Fructose [c]	38.90	31.06	6.82	7.02	20.17	-
Sucrose [c]	2.55	0.87	35.14	30.68	23.63	-
Total Sugar [c]	78.53	78.12	77.59	75.12	81.12	-
Total SO_2	25.6	27.2	32	27.2	52.8	-
Free SO_2	ND	ND	ND	ND	0.16	-
Total soluble solids (องศาบริกซ์)	10.2	9.9	10	9.8	9.9	-
Ethanol (เปอร์เซนต์โดยปริมาตร	9.63	9.61	9.50	9.54	10.01	-
pH	2.86	2.87	2.78	2.86	2.98	-

[a] ความเข้มข้นต่ำสุดของสารใดๆ ที่มนุษย์สามารถรับรู้ทางประสาทสัมผัสได้

[b] ที่มา : Peinado et al., 2005; Peinado et al., 2006

[c] กรัมต่อลิตร

ND = ไม่สามารถตรวจพบ

ตารางที่ 2. ค่าคะแนนเฉลี่ยของความชอบด้านต่างๆ ของผู้ทดสอบชิมกลุ่มที่ 1

ลักษณะ / ตัวอย่างสาโท	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	โดยรวม
สาโทยีสต์โรงงาน	6.22[a]	6.53[a]	6.25[a]	6.19[a]	6.62[a]
สาโทยีสต์ NP01	6.28[a]	6.09[a]	6.44[a]	6.19[a]	6.47[a]
สาโทยีสต์ EC1118	6.50[a]	6.34[a]	6.78[a]	6.67[a]	6.34[a]
สาโทยีสต์ Sweden	6.13[a]	6.38[a]	5.94[b]	6.22[a]	5.97[a]
สาโทสยาม	5.75[a]	5.67[a]	5.28[b]	5.78[a]	5.81[a]

*หมายเหตุ : 1 ไม่ชอบอย่างมาก 2 ไม่ชอบมาก 3 ไม่ชอบค่อนข้างมาก 4 ไม่ชอบเล็กน้อย 5 เฉยๆ
6 ชอบเล็กน้อย 7 ชอบค่อนข้างมาก 8 ชอบมาก 9 ชอบอย่างมาก

ตารางที่ 3. ค่าคะแนนเฉลี่ยของความชอบด้านต่างๆ ของผู้ทดสอบชิมกลุ่มที่ 2

ลักษณะ / ตัวอย่างสาโท	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	โดยรวม
สาโทยีสต์โรงงาน	5.60[a]	6.80[a]	4.80[a]	5.20[a]	6.20[a]
สาโทยีสต์ NP01	6.60[a]	7.40[a]	6.00[a]	6.40[a]	6.40[a]
สาโทยีสต์ EC1118	7.20[a]	7.60[a]	7.00[a]	7.20[a]	7.00[a]
สาโทยีสต์ Sweden	6.20[a]	6.20[a]	6.60[a]	6.80[a]	6.80[a]
สาโทสยาม	6.40[a]	6.60[a]	5.00[a]	5.00[a]	5.60[a]

*หมายเหตุ : 1 ไม่ชอบอย่างมาก 2 ไม่ชอบมาก 3 ไม่ชอบค่อนข้างมาก 4 ไม่ชอบเล็กน้อย 5 เฉยๆ
6 ชอบเล็กน้อย 7 ชอบค่อนข้างมาก 8 ชอบมาก 9 ชอบอย่างมาก

ตารางที่ 4. การจัดกลุ่มองค์ประกอบหลักทางเคมีโดยวิธี Principle Component Analysis (PCA)

องค์ประกอบ	สารเคมี
องค์ประกอบ 1	ethanol, butanol, ethylacetate, citric acid, ethyldecanoate, tartaric acid, glycerol, isobutyl alcohol, 2-phenetylacetate
องค์ประกอบ 2	fructose, octanoic acid, sucrose, glucose, 1-hexanol, decanoic acid, hexanoic acid, ethylbutyrate, succinic acid, ethylhexanoate
องค์ประกอบ 3	4-pentenol, butyric acid, 2-phenethyl alcohol, isovaleric acid, isoamyl alcohol, diethylsuccinate, malic acid, acetaldehyde
องค์ประกอบ 4	acetic acid, lactic acid