

การผลิตไวน์เหลืองจากสับปะรดผสมน้ำสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทอง

Yellow Wine Production from Pineapple Mixed with *Cordyceps militaris* Extract

ณัฐพงษ์ สิงห์ภูงา* และ รัตนระ ยศเมธากุล
Natthapong Singpoonga* and Rattana Yosmethakun

สาขาวิชาชีววิทยาและเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ จ. นครสวรรค์ 60000

Department of Biology and Biotechnology, Faculty of Science and Technology,
Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan 60000, Thailand

*Corresponding author: Email: natthapong.s@nsru.ac.th

(Received: 9 December 2022; Accepted: 27 March 2023)

Abstract: This research aims to develop the yellow wine from pineapple juice mixed with extract of *Cordyceps militaris* and to study the consumer's preference of the wine. Five ratios of pineapple juice and the extracted *C. militaris* were 1 : 9, 7 : 3, 5 : 5, 3 : 7, and 9 : 1 (v/v). Distilled water was used as a control in this experiment. The total soluble solid (TSS) of substrates was adjusted by adding sugar to 22 °Brix, and the pH was adjusted at 5.5. *Saccharomyces cerevisiae* was fermented by using 10% inoculum as starter for 15 days at 30 °C. Samples were randomly taken at every 3 days during fermentation and after 30 days of incubation to measure alcohol content, total soluble solids (TSS), total acid content, pH, color, and bioactive compounds (adenosine and cordycepin analysis). It was found that wine contained between 9.76 to 12.23 percent alcohol, TSS in range of 5.56 to 10.63 °brix, pH in range of 3.64 to 4.23 and acid percent in range of 0.57 to 0.70 after 15 days of fermentation. The result of wine physical test showed the highest yellow value (b^*) of 48.11 from the ratio of pineapple juice and extract of *C. militaris* at 9 : 1 (v/v). The content of bioactive compounds including adenosine and cordycepin; both of them were decreased with increasing fermentation time. However, adenosine and cordycepin were able to detect in range of 349.08-546.89 mg/kg and 260.20 - 372.49 mg/kg, respectively after 15 days of fermentation. The yellow wine from pineapple juice mixed with extract of *C. militaris* at 9:1 (v/v) showed the highest color. The result of satisfaction test was found that score of 8.60. The other satisfactions of wine including clarity, odor, and flavor in all treatments showed the average scores in the same criterion (moderately like) while the overall liking was obtained the highest average scores at 8.67 from the ration of pineapple juice per extract of *C. militaris* with 9 : 1 (v/v).

Keywords: Yellow wine, pineapple, *Cordyceps militaris*, bioactive compound

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์เหลืองสับปะรดผสมผสมน้ำสกัดเห็ดถังเช่าสีทอง และทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค โดยศึกษาอัตราส่วนของน้ำสับปะรดต่อน้ำสกัดเห็ดถังเช่าสีทอง 5 อัตราส่วนที่แตกต่างกัน คือ 1 : 9, 7 : 3, 5 : 5, 3 : 7 และ 9 : 1 (v/v) และสูตรที่เติมน้ำกลั่นแทนน้ำสกัดเห็ดถังเช่าสีทองเป็นชุดควบคุม ปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ด้วยน้ำตาลเท่ากับ 22 องศาบริกซ์ และค่า pH เริ่มต้นเท่ากับ 5.5 ตามลำดับ ทำการหมักโดยใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นหัวเชื้อ เป็นเวลา 15 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 3 วัน ในระหว่างการหมักและหลังจากการบ่มเป็นเวลา 30 วัน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดทั้งหมด ค่า pH ค่าสี และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารอะดีโนซีนและสารคอร์โดเซปิน พบว่า หลังจากหมักเป็นเวลา 15 วัน ไวน์มีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 9.76 - 12.23 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 5.56 - 10.63 องศาบริกซ์ ค่า pH ของไวน์ขาวสีทองอยู่ในช่วง 3.64 - 4.23 และค่าร้อยละกรดอยู่ในช่วง 0.57 - 0.70 ผลการทดสอบทางกายภาพด้านสีของไวน์ แสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนของน้ำสับปะรดต่อน้ำสกัดเห็ดถังเช่าสีทองที่ 9 : 1 (v/v) มีค่าสีเหลือง (b^*) มากที่สุดเท่ากับ 48.11 สำหรับปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารอะดีโนซีนและคอร์โดเซปิน สารทั้งสองชนิดมีค่าลดลงเมื่อใช้ระยะเวลาหมักเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ สารอะดีโนซีนและคอร์โดเซปินถูกตรวจพบได้ในช่วง 349.08 - 546.89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 260.20 - 372.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ผลการทดสอบความพึงพอใจของไวน์ พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีของไวน์เหลืองสับปะรดผสมผสมน้ำสกัดเห็ดถังเช่าสีทองที่อัตราส่วน 9 : 1 (v/v) มีระดับคะแนนสูงสุดเท่ากับ 8.60 ความพึงพอใจด้านอื่น ๆ เช่น ด้านของความใส ด้านกลิ่น และรสชาติ ของไวน์ในทุกสูตรแสดงระดับคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์เดียวกันคือ ชอบปานกลาง ในขณะที่ความพึงพอใจโดยรวมได้รับคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 8.67 จากอัตราส่วนของน้ำสับปะรดต่อน้ำสกัดเห็ดถังเช่าสีทองที่ 9 : 1 (v/v)

คำสำคัญ: ไวน์เหลือง สับปะรด เห็ดถังเช่าสีทอง สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

คำนำ

ไวน์เหลืองเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณและนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศจีน (Tapingkae, 2012) ในภาษาจีนเรียกว่า “ฮวงจิ่ว” ลักษณะเด่นของไวน์ชนิดนี้คือ มีสีเหลืองอ่อน วัตถุประสงค์ที่นิยมใช้ในการหมักไวน์เหลืองมีหลายชนิด ได้แก่ ข้าวเหนียว ข้าวสาลีดำ และลูกเดือย เป็นต้น ไวน์เป็นเครื่องดื่มที่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกายหากดื่มในปริมาณที่พอเหมาะ ในไวน์ประกอบด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ วิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ ประมาณ 15 - 20 ชนิด กรดอินทรีย์มากกว่า 22 ชนิด สารจำพวกฟีนอลิก เช่น แอนโทไซยานิน (anthocyanins) และฟลาโวนอล (flavonols) เป็นต้น (Jin et al., 2009)สรรพคุณของไวน์ เช่น ช่วยกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยช่วยให้เจริญอาหาร ช่วยทำให้หลอดเลือดขยายตัวทำให้ระบบหมุนเวียนโลหิตทำงาน

เป็นปกติและช่วยในการขับปัสสาวะ เป็นต้น (Tangtumniyom, 1997)

ปัจจุบันมีการปลูกสับปะรดกันมากขึ้นในเขตพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี และในบางพื้นที่ของจังหวัดนครสวรรค์ โดยพบว่า มีการปลูกสับปะรดสายพันธุ์ปัตตาเวียมากกว่าหมื่นไร่ จากการเพาะปลูกเป็นจำนวนมาก จากข้อมูลพบว่า จังหวัดอุทัยธานีมีเนื้อที่ปลูกประมาณ 19,204 ไร่ มีจำนวนครัวเรือนผู้ปลูก 1,568 ครัวเรือน คิดเป็นเนื้อที่ปลูกเฉลี่ยต่อครัวเรือน 12.25 ไร่ (Department of Agriculture Extension, 2021) ทำให้เกิดปัญหาภาวะล้นตลาดและมีราคาตก ในการแก้ปัญหาดังกล่าวมีการนำเอาสับปะรดมาแปรรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่หลากหลาย การนำสับปะรดมาใช้ในการผลิตไวน์เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่สับปะรด

เห็ดถังเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) จัดเป็นสมุนไพรจีนที่นำมาใช้เป็นยาอายุวัฒนะใช้รักษา

สารพัดโรคและบำรุงร่างกายมาตั้งแต่สมัยโบราณ (Tapingkae, 2012) ลักษณะเด่นของเห็ดชนิดนี้คือ มีสีเหลืองส้ม เห็ดถั่งเช่าสีทองมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอะดีโนซีน (adenosine) และสารคอร์ไดเซปิน (cordycepin) สารทั้งสองชนิดนี้มีสรรพคุณทางยาที่สำคัญ เช่น ช่วยช่วยป้องกันและรักษาภาวะโรคหัวใจล้มเหลว กระตุ้นการไหลเวียนของโลหิต ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันของร่างกาย ด้านการเกิดเนื้องอกและเซลล์มะเร็ง (Weil and Chen, 2011) เป็นต้น โดยปกติแล้วเห็ดถั่งเช่าสีทองอบแห้งเมื่อสกัดโดยแช่ในน้ำร้อนแล้วให้สีเหลืองทองและมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูง (Shashidhar *et al*, 2013) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เด่นชัด อีกทั้งในปัจจุบันยังไม่พบผลิตภัณฑ์ไวน์สับปะรดที่นำวัตถุดิบที่เป็นเห็ดถั่งเช่าสีทองมาหมักผสมรวมกันเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์เหลือจากสับปะรดผสมน้ำสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทอง และศึกษาความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ เพื่อยกระดับคุณภาพของไวน์ให้เป็นผลิตภัณฑ์ตัวเลือกหนึ่งในด้านเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพของผู้บริโภค และยังคงส่งผลการเพิ่มมูลค่าของสับปะรดให้สูงขึ้นอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบและจุลินทรีย์ที่ใช้หมัก

งานวิจัยนี้ใช้สับปะรดสายพันธุ์ปัตตาเวีย จากตลาดศรีนคร ตำบลนครสวรรค์ตก อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ที่เพาะปลูกในพื้นที่ อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี สำหรับเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทอง (*C. militaris*) ที่ได้รับจาก บริษัทถั่งเช่าทองคำ จำกัด จังหวัดปทุมธานี และยีสต์ที่ใช้หมักเป็นผงยีสต์สำเร็จรูป *Saccharomyces cerevisiae* ตรา LALVIN EC-1118 (Canada)

การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง

ทำการเตรียมเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทองตามวิธีการของ Tapingkae (2012) โดยนำเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทอง

(*C. militaris*) มาเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งพีดีเอ (potato dextrose agar; PDA) ที่ปราศจากเชื้อ บ่มเชื้อในที่มืด อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวพีดีบี (potato dextrose broth; PDB) บนเครื่องเขย่า (shaker) ที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ในที่มืดที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ได้หัวเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารเหลว ทำการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทองจากอาหารเหลวลงบนอาหารแข็งธัญพืชข้าว ประกอบด้วย ข้าวขาวเส้าให้ 50 กรัม ผสมกับอาหารเหลวพีดีบี ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ในขวดแก้วขนาด 32 ออนซ์ นำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ถ่ายเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เจริญในอาหารเหลวลงไปในขวดอาหารแข็งธัญพืชปริมาณ 5 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดแล้วนำไปบ่มในที่มืด ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 - 70 ให้แสงวันละ 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 60 วัน หลังจากถ่ายเชื้อ จากนั้นเก็บผลผลิตเห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยคัดเลือกเฉพาะส่วนที่เป็นดอกเห็ด นำไปอบแห้งในเครื่องอบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ได้เห็ดถั่งเช่าสีทองอบแห้ง (Tapingkae, 2012)

การเตรียมน้ำสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทองและการเตรียมน้ำสับปะรด

นำเห็ดถั่งเช่าสีทองอบแห้งที่เตรียมไว้แล้วแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วนดอกเห็ดต่อน้ำร้อนเท่ากับ 1 : 10 (w/v) เป็นเวลา 10 นาที ซึ่งเป็นอัตราส่วนโดยประมาณจากการชงชาเห็ดถั่งเช่าสีทองเพื่อดื่ม (Tapingkae, 2012) จากนั้นกรองเอาเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำได้น้ำสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทอง สำหรับน้ำสับปะรดเตรียมได้โดยนำผลสับปะรดสุกสายพันธุ์ปัตตาเวียเนื่องจากให้ค่าความหวานสูงมาปอกเปลือกและล้างให้สะอาด บั่นเนื้อสับปะรดด้วยเครื่องปั่นผลไม้ (Sharp EMC-15, Japan) แล้วคั้นและกรองเอาเฉพาะน้ำสับปะรด

การเตรียมวัตถุดิบน้ำหมัก

ในแต่ละชุดการทดลองทำการเตรียมน้ำหมักปริมาณ 1 ลิตร โดยผสมน้ำสับปะรดและน้ำสั้กัดเห็ดถึงเข้าสีทองในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน จำนวน 5 สูตร การทดลองและสูตรที่เติมน้ำกลั่นแทนน้ำสั้กัดเห็ดถึงเข้าสีทองเป็นชุดควบคุม ดังนี้ (1) ชุดควบคุม (control) ประกอบด้วยน้ำสับปะรด 500 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร, (2) สูตรที่ 1 ประกอบด้วยน้ำสับปะรด 100 มิลลิลิตร และน้ำสั้กัดเห็ดถึงเข้าสีทอง 900 มิลลิลิตร (1:9), (3) สูตรที่ 2 ประกอบด้วยน้ำสับปะรด 300 มิลลิลิตร และน้ำสั้กัดเห็ดถึงเข้าสีทอง 700 มิลลิลิตร (3:7), (4) สูตรที่ 3 ประกอบด้วยน้ำสับปะรด 500 มิลลิลิตร และน้ำสั้กัดเห็ดถึงเข้าสีทอง 500 มิลลิลิตร (5:5), (5) สูตรที่ 4 ประกอบด้วยน้ำสับปะรด 700 มิลลิลิตร และน้ำสั้กัดเห็ดถึงเข้าสีทอง 300 มิลลิลิตร (7:3), (6) สูตรที่ 5 ประกอบด้วยน้ำสับปะรด 900 มิลลิลิตร และน้ำสั้กัดเห็ดถึงเข้าสีทอง 100 มิลลิลิตร (9:1) ทำการปรับค่าความเข้มข้นของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid: TSS) ให้เท่ากับ 22 องศาบริกซ์ ด้วยน้ำตาลทราย เนื่องจากเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ (Chaikulsareewath and Singhapol. 2016) ปรับค่า pH ให้เท่ากับ 5.5 ด้วยกรดซิตริก (0.2 - 0.4 กรัมต่อลิตร)

การเตรียมกล้าเชื้อ (starter)

ทำการเตรียมน้ำหมักที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ของน้ำหมัก 1 ลิตร โดยเตรียมน้ำสับปะรดความเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ปรับค่า TSS ให้เท่ากับ 22 องศาบริกซ์ ด้วยน้ำตาลทราย ค่า pH ประมาณ 5.5 ด้วยกรดซิตริก (0.2-0.4 กรัมต่อลิตร) ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำยีสต์ผงสำเร็จรูป *S. cerevisiae* ปริมาณ 1 กรัม บ่มบนเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การหมักไวน์

เติมน้ำยาไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP) ร้อยละ 0.10 ลงในน้ำหมักแต่ละสูตรที่เตรียมไว้แล้วเพื่อใช้เป็น

แหล่งไนโตรเจน จากนั้นนำไปต้มฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที เสร็จแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุลงในขวดแก้วดูแรนขนาด 2 ลิตร ใส่กล้าเชื้อที่เตรียมไว้แล้วลงไป 100 มิลลิลิตร ทำการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของไวน์ โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างของน้ำหมักทุก 3 วัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพ

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้เครื่อง Ebulliometer ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) โดยใช้เครื่อง hand refractometer ปริมาณกรดทั้งหมด (หาเป็นค่ากรดซิตริก) ตามวิธีของ AOAC (2000) ค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ 2 ชนิด คือ สารอะดีโนซีนและสารคอร์โดเซปิน ตามวิธีการของ Huang *et al.* (2009) ดังนี้

1. การเตรียมสารสกัดหยาบ นำเห็ดถึงเข้าสีทองมาอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นสมุนไพรม (OEM grinder654654, China) นำตัวอย่างที่ปั่นละเอียด 1 กรัม ใส่ในหลอดสำหรับปั่นเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า (vortex mixture) จากนั้นนำไปแช่ในเครื่องอัลตราโซนิกชนิดอ่าง (ultrasonic bath) เป็นเวลา 30 นาที และแยกสารละลายส่วนใสโดยนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 9,900 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เทส่วนใสแล้วกรองสารสกัดที่ได้ผ่านเมมเบรนที่มีรูพรุนขนาด 0.45 ไมครอน (syringe filter, nylon -ขนาด 30 มิลลิเมตร) ใส่ในขวดเก็บสารเพื่อเตรียมวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์หาสารอะดีโนซีนและสารคอร์โดเซปิน นำสารที่สกัดหยาบที่เตรียมได้มาแยกและวิเคราะห์หาสารทั้งสองชนิดด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (high performance liquid chromatography: HPLC; Shimadzu, Japan) คอลัมน์

ชนิด C18 ใช้ตัวตรวจวัดสัญญาณ (detector) เป็นอัลตราไวโอเล็ต (UV) ที่กำหนดความยาวคลื่นเท่ากับ 254 นาโนเมตร โดยมีสภาวะที่ใช้สำหรับแยกสาร ได้แก่ วัฏภาคไหล (mobile phase) คือ น้ำและสารละลายเมทานอลในอัตราส่วน 90 : 10 (V/V) อัตราการไหลเท่ากับ 1 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาณสารที่ฉีดเท่ากับ 20 ไมโครลิตร อุณหภูมิของช่องใส่คอลัมน์เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส ใช้สารมาตรฐานคอร์โดเซปินและอะดีโนซีน ของบริษัท Sigma Chemical Corporation เตรียมสารละลายมาตรฐานคอร์โดเซปินและอะดีโนซีนในช่วงความเข้มข้นเท่ากับ 0 - 100 และ 0 - 50 ppm ตามลำดับ

วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ คือ วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (HunterLab ColorQuest XE, U.S.A.) ระบบ CIE โดยแสดงผลค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*)

การบ่มไวน์เหลืองและการวิเคราะห์ผล

นำน้ำหมักมาทำให้ไวน์ใสด้วยวิธีการกรองโดยใช้สารไดอะตอมไมต์ (diatomite) ตรา Celite เป็นสารช่วยกรอง จากนั้นแยกส่วนใสและเติมสารโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) เข้มข้น 150 ppm เพื่อทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนและหยุดปฏิกิริยาการหมักของยีสต์ทิ้งไว้นาน 3 ชั่วโมง แล้วบรรจุใส่ขวดใหม่ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปิดจุกให้แน่นแล้วบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน สุ่มตัวอย่างไวน์เหลืองมาวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด ค่าสี ปริมาณสารอะดีโนซีนและสารคอร์โดเซปิน หลังจากบ่มเป็นเวลา 30 วัน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ชุดการทดลองการหมักไวน์นำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 15

การทดสอบประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบความชอบ โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 คะแนน (9-Point Hedonic Scales) (Meilgaard *et al.*, 2006) โดยใช้ผู้ทดสอบที่จำนวน 30 คน ที่อาศัยอยู่อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ดำเนินการเสิร์ฟตัวอย่างพร้อมแบบสอบถามให้กับผู้ทดสอบ โดยเสิร์ฟตัวอย่างปริมาณละ 50 มิลลิลิตร มีการควบคุมอุณหภูมิตัวอย่างที่ 10 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งเสิร์ฟน้ำดื่มเพื่อให้ผู้ทดสอบทำความสะดวกอดช่องปากก่อนทดสอบตัวอย่างถัดไป จากนั้นให้ผู้ทดสอบชิมและประเมินความชอบในคุณลักษณะด้านสี ความใส กลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวม ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 15

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของไวน์

การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นในการหมักไวน์เหลืองจากน้ำสับปะรดและน้ำสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทองในอัตราส่วนและระยะเวลาที่แตกต่างกันพบว่า ทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นจากความเข้มข้นร้อยละ 0 เป็นความเข้มข้นร้อยละ 9.76 - 12.23 เมื่อเวลาผ่านไป 15 วัน โดยสูตรที่ 5 ผลิตแอลกอฮอล์ได้สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือร้อยละ 12.23 (โดยปริมาตร) ในขณะที่ในชุดควบคุมผลิตแอลกอฮอล์ได้น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับร้อยละ 9.76 (โดยปริมาตร) และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการบ่มไวน์เป็นเวลา 45 วัน พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ในทุกสูตรมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการบ่ม โดยมีความเข้มข้นร้อยละ 9.73 - 12.20 ดังแสดงใน Table 1 สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) พบว่าทุกชุดการทดลองมีค่า TSS ลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยลดลงจากความเข้มข้น 22 องศาบริกซ์เหลือ 5.56 - 10.63 องศาบริกซ์ เมื่อเวลาผ่านไป 15 วัน

โดยสูตรที่ 5 มีค่า TSS ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 5.56 องศาบริกซ์ ในขณะที่ชุดควบคุมเหลือความเข้มข้นของค่า TSS สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 10.63 องศาบริกซ์ และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการบ่มไวน์เป็นเวลา 45 วัน พบว่า ความเข้มข้นของค่า TSS ในทุกสูตรมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการบ่ม โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.50 - 10.46 องศาบริกซ์ ดังแสดงใน Table 2 จากผลการทดลองจะเห็นว่า ผลการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอลกอฮอล์สอดคล้องกับค่า TSS ที่ลดลง เนื่องจากยีสต์ *S. cerevisiae* ผลิตเอนไซม์อินเวอร์เทส (Invertase) ที่สามารถย่อยสลายน้ำตาลซูโครสได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลที่เล็กลง ได้แก่ กลูโคสและฟรุกโทส จากนั้นกลูโคสจึงถูกเปลี่ยนเป็นเอทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเอนไซม์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในวิถี Embden-Meyerhof-Panas (EMP) ส่งผลให้ค่า TSS ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยยีสต์ใช้ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เป็นอาหารเพื่อการเจริญเติบโต พร้อมกับการผลิตแอลกอฮอล์ไปพร้อม ๆ กัน (Wanapu *et al.*, 2003) จากการทดลองนี้พบว่า สูตรที่ 5 ที่หมักด้วยน้ำสับปะรด 900 มิลลิลิตร และ น้ำสั้กั้ดเห็ดถึงเชื้อสั้ทอง 100 มิลลิลิตร (9 : 1) ยีสต์สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้มากที่สุดคือร้อยละ 12.23 อาจเนื่องมาจากสูตรดังกล่าวมีปริมาณของน้ำสับปะรดสูง ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ามีปริมาณสารอาหาร

มากกว่าสูตรอื่น โดยเฉพาะแหล่งไนโตรเจน แหล่งคาร์บอนสำคัญและสารที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโต (growth factor) ในการหมักของยีสต์ (Ribereau-Gayon *et al.*, 2006) จึงทำให้ยีสต์นำมาใช้ในการสร้างแอลกอฮอล์ได้สูงกว่า นอกจากนี้ สารสั้กั้ดเห็ดถึงเชื้อสั้ทองที่เติมลงไปอาจมีผลต่อการผลิตแอลกอฮอล์ของยีสต์ สังเกตได้จากค่า TSS ของแต่ละสูตรในชุดการทดลองที่เติมสารสั้กั้ดเห็ดถึงเชื้อสั้ทองมีปริมาณน้อยกว่าชุดควบคุม และปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้จากแต่ละสูตรในชุดการทดลองที่เติมน้ำสั้กั้ดเห็ดถึงเชื้อสั้ทองมีปริมาณมากกว่าชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าสารสั้กั้ดเห็ดถึงเชื้อสั้ทองอาจมีสารอาหารหรือแร่ธาตุสำคัญที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตและการผลิตแอลกอฮอล์ของยีสต์ นอกจากนี้ สังเกตได้ว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมที่เป็นสารสั้กั้ดเห็ดถึงเชื้อสั้ทองในปริมาณมากขึ้นทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์ลดลง ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณที่สูงเกินไปของสารบางอย่างหรือการลดลงของสารสำคัญบางชนิดทำให้มีผลต่อกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ของเชื้อยีสต์ ดังนั้น การผสมน้ำสั้กั้ดเห็ดถึงเชื้อสั้ทองในอัตราส่วนที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อการผลิตแอลกอฮอล์ ซึ่งอาจต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของสารสั้กั้ดเห็ดถึงเชื้อสั้ทองต่อการผลิตแอลกอฮอล์โดยเชื้อยีสต์ต่อไปในอนาคต

Table 1. Impact of ratio of pineapple juice and extract of *Cordyceps militaris* on alcohol production during wine fermentation

Time (Day)	Alcohol content (%) at ratio of pineapple juice and extract of <i>C. militaris</i>					
	Control	Formula 1 (1:9)	Formula 2 (3:7)	Formula 3 (5:5)	Formula 4 (7:3)	Formula 5 (9:1)
0 ^{ns}	0	0	0	0	0	0
3	2.50 ^{ed} ± 0.10	2.80 ^{de} ± 0.10	3.16 ^{ce} ± 0.05	3.43 ^{bd} ± 0.05	3.76 ^{ad} ± 0.05	3.86 ^{ad} ± 0.05
6	4.30 ^{cc} ± 0.10	4.53 ^{cd} ± 0.20	4.92 ^{cd} ± 0.79	5.53 ^{bc} ± 0.20	6.30 ^{ac} ± 0.10	6.50 ^{ad} ± 0.10
9	7.30 ^{db} ± 0.17	7.46 ^{dc} ± 0.15	8.33 ^{cc} ± 0.20	9.06 ^{ab} ± 0.05	10.16 ^{ab} ± 0.05	10.80 ^{ac} ± 0.10
12	9.23 ^{ba} ± 0.05	9.26 ^{bb} ± 0.05	9.46 ^{bb} ± 0.05	9.80 ^{bb} ± 0.10	11.06 ^{aA} ± 0.15	11.40 ^{ab} ± 0.10
15	9.76 ^{da} ± 0.05	10.33 ^{ca} ± 0.05	10.40 ^{ca} ± 0.10	11.10 ^{ba} ± 0.10	11.16 ^{ba} ± 0.05	12.23 ^{aA} ± 0.05
45	9.73 ^{da} ± 0.05	10.36 ^{ca} ± 0.05	10.43 ^{ca} ± 0.05	11.10 ^{ba} ± 0.10	11.13 ^{ba} ± 0.05	12.20 ^{aA} ± 0.10

^{a,b} Means with the different letters in the same row are significant at $P \leq 0.05$. ^{A,B} Means with the different letters in the same column are significant at $P \leq 0.05$.

^{ns} in the same row means are not significant at $P > 0.05$. Value represents from $n = 3$

Table 2. Impact of ratio of pineapple juice and extract of *Cordyceps militaris* on total soluble solid during wine fermentation

Time (Day)	Total soluble solid (°Brix) at ratio of pineapple juice and extract of <i>C. militaris</i>					
	Control	Formula 1 (1 : 9)	Formula 2 (3 : 7)	Formula 3 (5 : 5)	Formula 4 (7 : 3)	Formula 5 (9 : 1)
0 ^{ns}	22	22	22	22	22	22
3	20.40 ^{aA} ± 0.10	20.26 ^{aA} ± 0.05	19.83 ^{bA} ± 0.11	19.60 ^{bA} ± 0.10	19.43 ^{cA} ± 0.05	19.33 ^{cA} ± 0.41
6	18.43 ^{aB} ± 0.15	18.33 ^{aB} ± 0.05	16.80 ^{bB} ± 0.10	16.50 ^{bB} ± 0.10	16.43 ^{bB} ± 0.05	16.16 ^{bB} ± 0.05
9	15.43 ^{aC} ± 0.15	15.63 ^{aC} ± 0.15	14.50 ^{bC} ± 0.20	13.26 ^{cC} ± 0.05	12.83 ^{dC} ± 0.05	12.50 ^{dC} ± 0.10
12	12.70 ^{aD} ± 0.10	11.63 ^{bD} ± 0.15	11.53 ^{bD} ± 0.15	10.43 ^{cD} ± 0.20	9.60 ^{dD} ± 0.10	9.46 ^{dD} ± 0.05
15	10.63 ^{aE} ± 0.15	9.73 ^{bE} ± 0.15	9.76 ^{bE} ± 0.05	8.36 ^{cE} ± 0.15	6.56 ^{dA} ± 0.20	5.56 ^{dE} ± 0.25
45	10.46 ^{aE} ± 0.05	9.60 ^{bE} ± 0.10	9.56 ^{bE} ± 0.05	8.43 ^{cE} ± 0.05	6.60 ^{dE} ± 0.10	5.50 ^{dE} ± 0.20

^{a,b} Means with the different letters in the same row are significant at $P \leq 0.05$. ^{A,B} Means with the different letters in the same column are significant at $P \leq 0.05$.

^{ns} in the same row means are not significant at $P > 0.05$. Value represents from $n = 3$

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้ มีความสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไวน์ มอก. ไวน์ 2089 - 2544 ที่ระบุว่า ไวน์ผลไม้ที่หมักจากวัตถุดิบที่เป็นผลไม้ มีแอลกอฮอล์ไม่เกินร้อยละ 15 (Chumpookam *et al.*, 2014) สำหรับค่า TSS ในการทดลองนี้ได้ปรับให้มีค่าเท่ากับ 22 องศาบริกซ์ ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม เนื่องจากหากใช้ระดับความเข้มข้นน้อยเกินไป มีผลทำให้ไวน์จืดและเชื้อยีสต์เจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ ส่งผลให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่น้อย (Wanapu *et al.*, 2003) ผลการทดลองนี้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับผลการวิจัยของ Boondaeng *et al.* (2022) ที่ได้ศึกษาสภาวะการหมักไวน์สับปะรดพบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในขณะที่ค่า TSS ลดลง โดยที่อัตราส่วนของน้ำสับปะรดต่อน้ำสะอาดเท่ากับ 2 : 1 ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดร้อยละ 10.71 (v/v) ในวันที่ 10 ของการหมัก

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในการทดลองนี้ได้วิเคราะห์หากรดซิตริก เนื่องจากในไวน์มีกรดอยู่หลายชนิดได้แก่ กรดซิตริก กรดทาร์ทริก กรดมาลิก ส่วนกรดซัคซินิก กรดแลคติก และกรดไพรูวิก ที่เกิดในระหว่างหมักไวน์ส่งผลให้ค่าพีเอชของไวน์ลดลง (Chanthai and Danvirutai,

2004) จากการทดลองพบว่า ทุกชุดการทดลองมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจากความเข้มข้นร้อยละ 0.39 - 0.42 เป็นความเข้มข้นร้อยละ 0.57 - 0.70 เมื่อเวลาผ่านไป 15 วัน โดยสูตรที่ 5 มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือร้อยละ 0.70 รองลงมาคือ สูตรที่ 4, 3, 1 และ 2 มีปริมาณกรดร้อยละ 0.68, 0.66, 0.64 และ 0.63 ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณกรดต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือร้อยละ 0.57 และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการบ่มไวน์เป็นเวลา 45 วัน พบว่าความเข้มข้นของปริมาณกรดในทุกสูตรมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการบ่ม โดยมีค่าความเข้มข้นร้อยละ 0.57 - 0.71 ดังแสดงใน Table 3

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่า ทุกชุดการทดลองมีค่า pH ลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยลดลงจาก 5.54 - 5.57 เป็น 3.64 - 4.23 เมื่อเวลาผ่านไป 15 วัน โดยสูตรที่ 5 ค่า pH ลดลงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 3.64 รองลงมาคือ สูตรที่ 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ โดยมีค่า pH เท่ากับ 3.65, 3.75, 3.95 และ 4.04 ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่า pH สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 4.23 และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการบ่มไวน์เป็นเวลา 45 วัน พบว่า ค่า pH ในทุกสูตรมีค่าคงที่ตลอดระยะ-

เวลาการบ่ม โดยมีค่าระหว่าง 3.63 - 4.24 ดังแสดงใน Table 4 จากผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดในการทดลองนี้จะเห็นว่า ร้อยละกรดทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรกจนถึงวันสุดท้ายของการหมัก สอดคล้องกับการสะสมของร้อยละกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า pH ลดลง (Chanprasartsuk *et al.*, 2012) และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการบ่มไวน์พบว่า ร้อยละกรดทั้งหมดและค่า pH ของไวน์มีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการบ่ม ร้อยละกรดทั้งหมดในไวน์มีผลต่อคุณภาพ

ด้านรสชาติของไวน์ กล่าวคือ ในขั้นตอนกระบวนการหมักไวน์นั้นทำให้เกิดการสะสมของกรดที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว เผื่อนฝาด และกลิ่นหอมของประกอบเหล่านี้นำให้เกิดความประทับใจและแสดงถึงคุณภาพที่ดีของไวน์ (Chanthai and Danvirutai, 2004) นอกจากนี้ ยังส่งผลต่อคุณภาพสีของไวน์ โดยไวน์ที่มีค่า pH ต่ำส่งผลให้สีไวน์เข้มและสีไวน์มีความเสถียรมากกว่าไวน์ที่มีค่า pH สูง (Chumpookam *et al.*, 2014)

Table 3. Impact of ratio of pineapple juice and extract of *Cordyceps militaris* on citric acid content during wine fermentation

Time (Day)	Citric acid content (%) at ratio of pineapple juice and extract of <i>C. militaris</i>					
	Control	Formula 1 (1 : 9)	Formula 2 (3 : 7)	Formula 3 (5 : 5)	Formula 4 (7 : 3)	Formula 5 (9 : 1)
0	0.39 ^{cdF} ± 0.00	0.40 ^{cdF} ± 0.00	0.40 ^{cdF} ± 0.00	0.41 ^{bcF} ± 0.01	0.41 ^{abE} ± 0.00	0.42 ^{ae} ± 0.00
3	0.41 ^{ce} ± 0.01	0.42 ^{bcE} ± 0.01	0.42 ^{bcE} ± 0.01	0.44 ^{be} ± 0.01	0.46 ^{ad} ± 0.01	0.46 ^{ad} ± 0.02
6	0.43 ^{cd} ± 0.00	0.45 ^{cd} ± 0.01	0.45 ^{cd} ± 0.00	0.48 ^{ad} ± 0.00	0.47 ^{bd} ± 0.01	0.48 ^{ad} ± 0.00
9	0.48 ^{ec} ± 0.00	0.49 ^{deD} ± 0.00	0.50 ^{cdC} ± 0.00	0.52 ^{bcC} ± 0.01	0.53 ^{abC} ± 0.01	0.54 ^{ac} ± 0.01
12	0.53 ^{cb} ± 0.02	0.56 ^{bb} ± 0.01	0.54 ^{bcB} ± 0.01	0.57 ^{bb} ± 0.01	0.62 ^{abB} ± 0.01	0.65 ^{ab} ± 0.01
15	0.57 ^{ea} ± 0.01	0.65 ^{ca} ± 0.01	0.63 ^{da} ± 0.01	0.66 ^{ca} ± 0.01	0.68 ^{ba} ± 0.00	0.70 ^{aa} ± 0.00
45	0.57 ^{ea} ± 0.00	0.64 ^{cdA} ± 0.01	0.63 ^{da} ± 0.01	0.66 ^{ca} ± 0.01	0.69 ^{ba} ± 0.01	0.71 ^{aa} ± 0.01

^{a,b} Means with the different letters in the same row are significant at $P \leq 0.05$. ^{A,B} Means with the different letters in the same column are significant at $P \leq 0.05$. Value represents from $n = 3$

Table 4. Impact of ratio of pineapple juice and extract of *Cordyceps militaris* on pH during wine fermentation

Time (Day)	pH at ratio of pineapple juice and extract of <i>C. militaris</i>					
	Control	Formula 1 (1 : 9)	Formula 2 (3 : 7)	Formula 3 (5 : 5)	Formula 4 (7 : 3)	Formula 5 (9 : 1)
0 ^{ns}	5.54 ^A ± 0.01	5.55 ^A ± 0.01	5.55 ^A ± 0.02	5.56 ^A ± 0.01	5.54 ^A ± 0.02	5.57 ^A ± 0.01
3	5.23 ^{ab} ± 0.02	5.14 ^{bB} ± 0.01	5.13 ^{bB} ± 0.01	5.13 ^{abB} ± 0.02	5.12 ^{abB} ± 0.01	5.10 ^{ab} ± 0.00
6	5.05 ^{ac} ± 0.03	4.84 ^{bc} ± 0.04	4.66 ^{cc} ± 0.04	4.45 ^{dc} ± 0.03	4.43 ^{dc} ± 0.02	4.42 ^{dc} ± 0.04
9	4.84 ^{ad} ± 0.04	4.52 ^{bd} ± 0.01	4.53 ^{bd} ± 0.02	4.26 ^{cd} ± 0.01	4.13 ^{dd} ± 0.02	4.13 ^{dd} ± 0.02
12	4.44 ^{ae} ± 0.02	4.37 ^{be} ± 0.01	4.25 ^{ce} ± 0.03	4.08 ^{de} ± 0.03	3.99 ^{ee} ± 0.05	3.99 ^{ee} ± 0.04
15	4.23 ^{af} ± 0.02	4.04 ^{bf} ± 0.01	3.95 ^{cf} ± 0.02	3.75 ^{df} ± 0.01	3.65 ^{ef} ± 0.04	3.64 ^{ef} ± 0.02
45	4.24 ^{af} ± 0.02	4.04 ^{bf} ± 0.02	3.95 ^{cf} ± 0.01	3.75 ^{df} ± 0.02	3.65 ^{ef} ± 0.01	3.63 ^{ef} ± 0.01

^{a,b} Means with the different letters in the same row are significant at $P \leq 0.05$. ^{A,B} Means with the different letters in the same column are significant at $P \leq 0.05$.

^{ns} in the same row means are not significant at $P > 0.05$. Value represents from $n = 3$

จากการศึกษาคุณลักษณะด้านสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของไวน์ โดยทำการเก็บตัวอย่างในวันที่ 0 และ 15 ของการหมัก และหลังจากบ่ม 30 วัน แสดงผลใน Table 5 สำหรับค่า L^* พบว่า ทุกชุดการทดลองมีค่า L^* เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจาก 26.68 - 47.49 เป็น 41.36 - 88.53 ในวันที่ 15 ของการหมัก โดยชุดควบคุมมีค่า L^* สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 88.53 รองลงมาคือ สูตรที่ 5, 4, 3 และ 2 มีค่าเท่ากับ 85.53, 84.47, 66.57 และ 52.51 ตามลำดับ ในขณะที่สูตรที่ 1 มีค่า L^* ต่ำที่สุด เท่ากับ 41.36 และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการบ่มไวน์เป็นเวลา 45 วัน พบว่า ทุกชุดการทดลองมีค่า L^* เพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 89.55 - 77.67

สำหรับค่า a^* พบว่า มีค่าลดลงในทุกชุดการทดลอง โดยลดลงจาก 5.93 - 15.24 เป็น 0.26 - 6.75 ในวันที่ 15 ของการหมัก โดยสูตรที่ 1 มีค่า a^* สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 6.75 รองลงมาคือ สูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 2.58, 2.19, 2.01 และ 0.66 ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่า a^* ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 0.26 และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการบ่มไวน์เป็นเวลา 45 วัน พบว่า ทุกชุดการทดลองมีค่า a^* คงที่โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.24 - 6.70

สำหรับค่า b^* พบว่า มีค่าลดลงในทุกชุดการทดลองเช่นเดียวกัน โดยลดลงจาก 50.47 - 57.82 เป็น 29.69 - 48.11 ในวันที่ 15 ของการหมัก โดยสูตรที่ 5 มีค่า b^* สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 48.11 รองลงมาคือสูตรที่ 4, ชุดควบคุม, สูตรที่ 2 และ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 42.20, 39.06, 38.11 และ 31.14 ตามลำดับ ในขณะที่สูตรที่ 1 มีค่า b^* ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 29.69 และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการบ่มไวน์เป็นเวลา 45 วัน พบว่า ทุกชุดการทดลองมีค่า b^* คงที่โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 29.10 - 48.07 จากผลการทดลองจะเห็นว่า คุณลักษณะด้านสีของไวน์จะให้ค่า b^* เพิ่มขึ้นตามปริมาณของน้ำสับปะรด โดยมีค่า b^* เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำสับปะรดเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำสับปะรดที่ใช้ในการหมักครั้งนี้มีสีเหลืองตามธรรมชาติ โดยจากผลการทดลองในสูตรที่ 5 หมักโดยใช้น้ำสับปะรด 900 มิลลิลิตร และน้ำสั้กั้เกิดถึงเข้าสีทอง 100 มิลลิลิตร (9:1) ให้ค่า b^* สูงที่สุดเท่ากับ 48.11 เมื่อผ่านกระบวนการหมักเป็นเวลา 15 วัน และเมื่อมีการผสมน้ำสั้กั้เกิดถึงเข้าสีทองลงไป พบว่า น้ำหมักมีค่า a^* เพิ่มขึ้น โดยค่า a^* เพิ่มขึ้นเมื่อผสมปริมาณน้ำสั้กั้เกิดถึงเข้าสีทองมากขึ้น เนื่องจากน้ำสั้กั้เกิดถึงเข้าสีทองที่สั้กั้ได้ครั้งนี้มีสีเหลืองอมทองแดง จากผลการทดลองในสูตรที่ 1

Table 5. Impact of ratio of pineapple juice and extract of *Cordyceps militaris* on color during wine fermentation

Factor	Time (Day)	Ratio of pineapple juice and extract of <i>C. militaris</i>					
		Control	Formula 1 (1:9)	Formula 2 (3:7)	Formula 3 (5:5)	Formula 4 (7:3)	Formula 5 (9:1)
L^*	0	47.49 ^{aC} ± 0.14	26.68 ^{cC} ± 0.31	28.62 ^{IC} ± 0.29	33.67 ^{dC} ± 0.25	36.56 ^{cC} ± 0.28	37.80 ^{bC} ± 0.17
	15	88.53 ^{aB} ± 0.23	41.36 ^{IB} ± 0.13	52.51 ^{eB} ± 0.29	66.57 ^{dB} ± 0.36	83.65 ^{cB} ± 0.22	85.53 ^{bB} ± 0.22
	45	89.55 ^{aA} ± 0.37	77.67 ^{dA} ± 0.06	81.53 ^{cA} ± 0.30	83.47 ^{bA} ± 0.36	84.47 ^{bA} ± 0.15	89.42 ^{aA} ± 0.30
a^*	0	5.93 ^{IA} ± 0.06	12.98 ^{CA} ± 0.06	15.24 ^{BA} ± 0.04	13.64 ^{BA} ± 0.12	12.55 ^{DA} ± 0.02	9.01 ^{EA} ± 0.04
	15	0.26 ^{IB} ± 0.01	6.75 ^{AB} ± 0.03	2.58 ^{BB} ± 0.04	2.19 ^{CB} ± 0.03	2.01 ^{DB} ± 0.01	0.66 ^{EB} ± 0.01
	45	0.24 ^{IB} ± 0.03	6.70 ^{AB} ± 0.17	2.50 ^{BB} ± 0.09	2.09 ^{DB} ± 0.06	2.28 ^{CB} ± 0.05	0.64 ^{EB} ± 0.03
b^*	0	57.50 ^{abA} ± 0.16	54.78 ^{CA} ± 0.16	50.47 ^{dA} ± 0.25	54.44 ^{CA} ± 0.29	57.82 ^{aA} ± 0.11	57.17 ^{bA} ± 0.16
	15	39.06 ^{cB} ± 0.03	29.69 ^{IB} ± 0.13	38.11 ^{eB} ± 0.10	31.14 ^{eB} ± 0.07	42.20 ^{bB} ± 0.04	48.11 ^{aB} ± 0.09
	45	38.91 ^{cC} ± 0.05	29.10 ^{IB} ± 0.03	37.81 ^{dC} ± 0.21	30.87 ^{eC} ± 0.08	42.03 ^{bB} ± 0.04	48.07 ^{bB} ± 0.05

^{a,b} Means with the different letters in the same row are significant at $P \leq 0.05$. ^{A,B} Means with the different letters in the same column are significant at $P \leq 0.05$. Value represents from $n = 3$

หมักโดยใช้น้ำสับปะรด 100 มิลลิลิตร และน้ำสกัดเห็ดถึงเช้าสีทอง 900 มิลลิลิตร (1 : 9) ให้ค่า a^* สูงที่สุดเท่ากับ 6.75 เมื่อผ่านกระบวนการหมักเป็นเวลา 15 วัน สำหรับในชุดควบคุมมีค่า L^* มากที่สุดเนื่องจากเป็นน้ำสับปะรดที่ผสมกับน้ำกลั่น ทำให้สีของน้ำสับปะรดเจือจางมากกว่าสูตรอื่น ๆ การทำให้ไวน์ใสในการทดลองนี้ทำโดยการกรองโดยใช้สารไดอะตอมไมต์ (diatomite) หรือดินเบา เป็นสารช่วยกรอง ซึ่งพบว่า ทุกชุดการทดลองค่า b^* ลดลง แสดงว่าการกรองด้วยสาร diatomite สามารถกรองสารสีในตัวอยางไวน์ได้บางส่วน (Riansa-ngawong and Tipkanon, 2015) แต่ก็ยังคงมีสีเหลืองและสีแดงอยู่ นอกจากนี้การลดลงของค่า b^* ในช่วงระยะเวลาของการบ่มไวน์นั้นอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันกับแสง จึงทำให้ค่าสีเหลืองลดลงได้ (Riansa-ngawong and Tipkanon, 2015) นอกจากนี้ ความไม่คงที่ของค่าสีอาจเนื่องมาจากระยะเวลาการบ่มไวน์ที่น้อยเกินไป ไวน์ที่ผ่านการบ่มนานกว่า 6 เดือน สีและรสชาติมีความคงที่ (Chompookam *et al.*, 2014)

เห็ดถึงเช้าสีทองมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีสรรพคุณทางยาหลายชนิด สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญคือ สารอะดีโนซีน และสารคอร์ไดเซปิน (cordycepin

หรือ 3'-deoxyadenosine) ซึ่งพบครั้งแรกในเห็ดถึงเช้าสีทอง (Cunningham *et al.*, 1951) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ 2 ชนิด ได้แก่ สารอะดีโนซีนและสารคอร์ไดเซปิน โดยทำการเก็บตัวอย่างในวันที่ 0 และ 15 ของการหมัก และหลังจากบ่ม 45 วัน พบว่า ทุกสูตรยกเว้นชุดควบคุม ปริมาณสารอะดีโนซีนและคอร์ไดเซปินมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อหมักเป็นเวลา 15 วัน โดยปริมาณสารอะดีโนซีนมีค่าอยู่ระหว่าง 349.08 - 546.89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนสารคอร์ไดเซปินมีค่าอยู่ระหว่าง 260.20 - 372.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการบ่มไวน์เป็นเวลา 45 วัน พบว่า ปริมาณสารทั้งสองในทุกสูตรมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการบ่ม โดยปริมาณสารอะดีโนซีนมีค่าอยู่ระหว่าง 354.47 - 535.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนสารคอร์ไดเซปินมีค่าอยู่ระหว่าง 287.41 - 369.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังแสดงใน Table 6 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ปริมาณสารอะดีโนซีนและสารคอร์ไดเซปินมีค่าลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นของการหมัก ซึ่งอาจเกิดจากกิจกรรมของยีสต์ที่นำสารประกอบที่เป็นโครงสร้างทางเคมีของสารทั้งสองชนิด เช่น น้ำตาลเพนโทส หรือสารประกอบที่เป็นเบสอะดีนีน (Zheng *et al.*, 2011)

Table 6. Impact of ratio of pineapple juice and extract of *Cordyceps militaris* on adenosine and cordycepin content during wine fermentation

Bioactive compound	Ratio of pineapple juice and extract of <i>C. militaris</i>					
	Control	Formula 1 (1 : 9)	Formula 2 (3 : 7)	Formula 3 (5 : 5)	Formula 4 (7 : 3)	Formula 5 (9 : 1)
Adenosine (mg/kg)						
0	0	946.55 ^{ab} ± 24.79	867.42 ^{ba} ± 27.04	810.09 ^{ca} ± 3.06	782.49 ^{cdA} ± 17.57	765.97 ^{dA} ± 20.86
15	0	546.89 ^{ab} ± 17.17	463.19 ^{bb} ± 27.99	440.10 ^{bb} ± 23.14	368.14 ^{cb} ± 21.27	349.08 ^{cb} ± 28.52
45	0	535.75 ^{ab} ± 20.95	460.74 ^{bb} ± 33.53	436.09 ^{bb} ± 22.00	379.56 ^{cb} ± 19.32	354.47 ^{cb} ± 27.71
Cordycepin (mg/kg)						
0	0	654.02 ^{ab} ± 21.80	623.41 ^{abA} ± 8.93	606.72 ^{bca} ± 7.05	578.04 ^{cdA} ± 17.39	570.66 ^{ca} ± 19.49
15	0	372.49 ^{ab} ± 22.07	360.40 ^{ab} ± 27.15	343.15 ^{ab} ± 26.31	269.48 ^{bb} ± 12.04	260.20 ^{bb} ± 24.33
45	0	369.68 ^{ab} ± 12.92	362.55 ^{ab} ± 16.60	333.07 ^{ab} ± 18.82	265.03 ^{bb} ± 10.04	287.41 ^{bb} ± 31.60

^{ab} Means with the different letters in the same row are significant at $P \leq 0.05$. ^{AB} Means with the different letters in the same column are significant at $P \leq 0.05$.

Value represents from n = 3.

มาใช้ในกระบวนการเมทาบอลิซึมในระดับเซลล์ ทำให้โครงสร้างของสารทั้งสองชนิดสูญเสียไป โดยสารอะดีโนซีนและสารคอร์ไดเซปินมีโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายกันคือ ประกอบด้วยเบสอะดีนีน (adenine) จับกับน้ำตาลที่มีคาร์บอนจำนวน 5 อะตอม แต่มีความแตกต่างกันตรงที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของสารคอร์ไดเซปินไม่มีออกซิเจนมาจับกับไฮโดรเจน (Tuli *et al.*, 2014) ซึ่งเหตุผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลของปริมาณสารอะดีโนซีนและสารคอร์ไดเซปินที่วิเคราะห์ได้หลังจากการบ่มเป็นเวลา 45 วัน พบว่ามีค่าคงที่ หลังจากที่ได้ทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนและหยุดปฏิกิริยาการหมักของยีสต์ด้วยสารโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) เมื่อกระบวนการหมักครบ 15 วัน อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของยีสต์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอะดีโนซีนและคอร์ไดเซปินในไวน์เพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

ผลการทดสอบประสาทสัมผัสทางด้านการปรากฏ

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบความชอบ ประเมินความชอบในคุณลักษณะด้านสี ความใส กลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวมของไวน์เหลืงจากสับปะรดผสมสารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทองหลังจากบ่มแล้วเป็นเวลา 45 วัน พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีของไวน์เหลืงจากสับปะรดผสมสารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทองในสูตรที่ 5 มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมี

คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.60 (อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด) รองลงมื่อคือสูตรที่ 3, 4, 1 และ 2 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.27, 8.05, 7.93 และ 7.67 ซึ่งทั้งสี่สูตรนี้คะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์เดียวกันคือ ชอบมาก ในขณะที่ชุดควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสีน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 6.63 (อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง) คะแนนความชอบด้านความใส พบว่า ทุกสูตรและชุดควบคุม มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ และอยู่ในเกณฑ์เดียวกันคือ ชอบปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.07 - 7.38 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของไวน์เหลืงจากสับปะรดผสมสารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทอง พบว่า ทุกสูตรและชุดควบคุม มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ และอยู่ในเกณฑ์เดียวกันคือ ชอบปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.00 - 7.33 คะแนนความชอบด้านรสชาติของไวน์เหลืงจากสับปะรดผสมสารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทอง พบว่า สูตรที่ 5 มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 8.73 (อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด) ในขณะที่สูตรอื่น ๆ และชุดควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์เดียวกันคือ ชอบมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.20 - 8.47 คะแนนความชอบโดยรวมของไวน์เหลืงจากสับปะรดผสมสารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทอง พบว่า สูตรที่ 5 มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 8.67 (อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด) ในขณะที่สูตรอื่น ๆ และชุดควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์เดียวกันคือ ชอบมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.87 - 8.20 ดังแสดงใน Table 7

Table 7. Sensory evaluation of pineapple juice and extract of *Cordyceps militaris* wine by quantitative descriptive analysis

Ratio of pineapple juice and extract of <i>C. militaris</i>	Sensory evaluation results				
	Color	Clarity	Odor	Flavor	Overall liking
Control	6.63 ^d ± 0.61	7.20 ^{ns} ± 0.80	7.33 ^{ns} ± 0.75	8.47 ^{ab} ± 0.72	8.20 ^b ± 0.76
Formula 1 (1:9)	7.93 ^{bc} ± 0.63	7.33 ^{ns} ± 0.75	7.03 ^{ns} ± 0.80	8.33 ^{ab} ± 0.75	8.03 ^b ± 0.80
Formula 2 (3:7)	7.67 ^c ± 0.66	7.27 ^{ns} ± 0.57	7.17 ^{ns} ± 0.69	8.20 ^b ± 0.83	7.87 ^b ± 1.02
Formula 3 (5:5)	8.27 ^b ± 0.58	7.31 ^{ns} ± 0.59	7.13 ^{ns} ± 0.43	8.43 ^{ab} ± 0.72	8.17 ^b ± 0.58
Formula 4 (7:3)	8.07 ^b ± 0.8	7.07 ^{ns} ± 0.85	7.00 ^{ns} ± 0.52	8.37 ^{ab} ± 0.71	8.13 ^b ± 0.84
Formula 5 (9:1)	8.60 ^a ± 0.49	7.22 ^{ns} ± 0.74	7.13 ^{ns} ± 0.62	8.73 ^a ± 0.44	8.67 ^a ± 0.47

^{a,b} Means with the different letters in the same column are significant at $P \leq 0.05$. Value represents from $n = 30$

สรุป

การหมักไวน์เหลืองจากน้ำสับปะรดและน้ำสั้กัดเห็ดถึงเชื้อสีทองในอัตราส่วน 9:1 ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดเมื่อหมักเป็นเวลา 15 วัน ในระหว่างการหมักปริมาณของสารอะดีโนซีนและสารคอร์โรเซปินในน้ำสั้กัดเห็ดถึงเชื้อสีทองมีค่าลดลงเมื่อใช้ระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไวน์เหลือง พบว่า ผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์ไวน์ด้านสี ด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมที่ได้จากการหมักน้ำสับปะรดและน้ำสั้กัดเห็ดถึงเชื้อสีทอง ในอัตราส่วน 9:1 มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเนื่องจากไวน์ที่ผลิตได้ในการทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อจัดให้เป็นไวน์ดื่มเพื่อบำรุงร่างกาย ดังนั้นควรมีการศึกษาลักษณะของการดื่มไวน์ดังกล่าวต่อผู้บริโภคในเชิงด้านสุขภาพเพิ่มเติมในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่สำหรับดำเนินงานวิจัย บริษัทถึงเชื้อสีทองคำ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้อเห็ดถึงเชื้อสีทองสำหรับดำเนินงานวิจัย งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.

Boondaeng, A., S. Kasemsumran, K. Ngowsuwan, P. Vaithanomsat, W. Apiwatanapiwat, C. Trakunjae, P. Janchai, S. Jungtheerapanich and N. Niyomvong. 2022. Fermentation

condition and quality evaluation of pineapple fruit Wine. Fermentation 8(1): 11, doi: 10.3390/fermentation8010011.

Chaikulsareewath, A. and S. Singhapol. 2016. Wine production from pineapple mixed with carrot. Agricultural Science Journal 47(Suppl. 2): 165-169. (in Thai)

Chanprasartsuk, O., K. Pheanudomkitler and D. Toonwai. 2012. Pineapple wine fermentation with yeasts isolated from fruit as single and mixed starter cultures. Asian Journal of Food and Agro-Industry 5(2): 104-111.

Chanthai, S. and P. Danvirutai. 2004. Chemical analysis of locally produced wines. Journal of University Academic Service Center 12(1): 23-29. (in Thai)

Chompookam, J., V. Subnum and T. Jaruwatanaphan. 2014. Effect of component ratio on coffee pulp wine quality and consumer's satisfaction. Khon Kaen Agriculture Journal 42(Suppl. 3): 415-420. (in Thai)

Cunningham, K.G., S.A. Hutchinson, W. Manson and F.S. Spring. 1951. Cordycepin, a metabolic product from cultures of *Cordyceps militaris* (Linn.) Link. Part I. Isolation and characterization. Journal of the Chemical Society doi: 10.1039/JR9510002299.

Department of Agriculture Extension. 2021. Situation of pineapple production review. (Online). Available: [https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/holdland%2063\(3\).pdf](https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/holdland%2063(3).pdf) (May 15, 2021). (in Thai)

Huang, L., Q. Li, Y. Chen, X. Wang and X. Zho. 2009. Determination and analysis of cordycepin and adenosine in products of *Cordyceps* spp. African Journal of Microbiology Research 3(12): 957-961.

- Jin, Z.-M., J.-J. He, H.-Q. Bi, X.-Y. Cui and C.-Q. Duan. 2009. Phenolic compound profiles in berry skins from nine red wine grape cultivars in northwest China. *Molecules* 14(12): 4922-4935.
- Meilgaard, M.C., G.V. Civille and B.T. Carr. 2006. *Sensory Evaluation Techniques*, 4th ed. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Riansa-ngawong, W. and S. Tipkanon. 2015. Development of golden rice wine by rice husk. *Khon Kaen Agriculture Journal* 43(4): 613-622. (in Thai)
- Ribéreau-Gayon, P., Y. Glories, A. Maujean and D. Dubourdieu. 2006. *Handbook of Enology, Volumn 2: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Chichester. 441 p.
- Shashidhar, M.G., P. Giridhar, K.U. Sankar and B. Manohar. 2013. Bioactive principles from *Cordyceps sinensis*: A potent food supplement-A review. *Journal of Functional Foods* 5(3): 1013-1030.
- Tangtumniyom, K.1997. *All About Wine*. Duangkamol Printing, Bangkok. 248 p. (in Thai)
- Tapingkae, T. 2012. *Cordyceps Mushroom Cultivation*. Two Four Printing Co., Ltd., Chiang Mai. 93 p. (in Thai)
- Tuli, H.S., S.S. Sandhu and A.K. Sharma. 2014. Pharmacological and therapeutic potential of *Cordyceps* with special reference to Cordycepin. *3 Biotech* 4(1): 1-12.
- Wanapu, C., N. Boonkerd and L. Dithavibool. 2003. *Winemaker 1*. Somboon Printing Co., Ltd, Nakhon Ratchasima. 222 p. (in Thai)
- Weil, M.K. and A.P. Chen. 2011. PARP inhibitor treatment in ovarian and breast cancer. *Current Problems in Cancer* 35(1): 7-50.
- Zheng, P., Y. Xia, G. Xiao, C. Xiong, X. Hu, S. Zhang, H. Zheng, Y. Huang, Y. Zhou, S. Wang, G.-P. Zhao, X. Liu, R.J. St. Leger and C. Wang. 2011. Genome sequence of the insect pathogenic fungus *Cordyceps militaris*, a valued traditional Chinese medicine. *Genome Biology* 12: R116, doi: 10.1186/gb-2011-12-11-r116.