

การผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำจากน้ำส้มโอ (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.)
พันธุ์ปลูกชาวแตงกวาโดยใช้เส้นใยเห็ดนางนวล
(*Pleurotus flabellatus* (Berk & Br.) Sacc.) ในการหมัก
Production of Low-Alcohol Beverages from Pummelo Juice
(*Citrus maxima* (Burm.) Merr.) Cultivated Variety of Khao Taeng Kwa,
Fermented with the Mycelia of Pink Oyster Mushroom
(*Pleurotus flabellatus* (Berk & Br.) Sacc.)

ปณชรัตน์ ปิลอง¹ รัฐพล ศรประเสริฐ^{2*} อนงค์ หัมพานนท์² และ กิตติพล กลิภาร์²

Puncharat Pilog¹ Ratapol Sornprasert^{2*} Anong Hambananda² and Kittipon Kasipar²

¹เมืองนวัตกรรมอาหาร สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ จ.ปทุมธานี ประเทศไทย

²สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม กรุงเทพฯ ประเทศไทย

¹Food Innopolis, National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani, Thailand

²Program of Biology, Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University, Bangkok, Thailand

วันที่ส่งบทความ : 17 กรกฎาคม 2567 วันที่แก้ไขบทความ : 26 พฤษภาคม 2568 วันที่ตอบรับบทความ : 28 พฤษภาคม 2568

Received: 17 July 2024, Revised: 26 May 2025, Accepted: 28 May 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำจากน้ำส้มโอ (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.) พันธุ์ปลูกชาวแตงกวาโดยใช้เส้นใยเห็ดนางนวล (*Pleurotus flabellatus* (Berk & Br.) Sacc.) ในการหมัก เพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของน้ำส้มโอและปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ดที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำ จากน้ำส้มโอพันธุ์ปลูกชาวแตงกวาเมื่อใช้เส้นใยเห็ดในการหมัก และศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำ จากการศึกษาพบว่า เส้นใยเห็ดมีศักยภาพในการหมักน้ำส้มโอความเข้มข้นร้อยละ 100 ปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ดที่เหมาะสม คือ 15 ชิ้น ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร และปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 22 องศาบริกซ์ เมื่อหมักในสภาวะที่เหมาะสมเป็นเวลา 12-21 วัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 1.00-1.04 ซึ่งสามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำได้

คำสำคัญ : เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำ ส้มโอ เห็ดนางนวล

*ที่อยู่ติดต่อ E-mail address: sornprasert_r@hotmail.com

<https://doi.org/10.55003/scikmitl.2025.264051>

Abstract

Low-alcohol beverage was produced from the juice of pummelo (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.), Khao Taeng Kwa cultivated variety, fermented with pink oyster mushroom (*Pleurotus flabellatus*) mycelia, as a potential alternative alcohol product. The study aimed to determine the optimal pummelo juice concentration, amount of mycelial starter, and the soluble solid content in the pummelo juice for low-alcohol beverage production. Results demonstrated that *P. flabellatus* mycelia effectively fermented 100% pummelo juice. The optimal fermentation conditions included 15 mycelial starter pieces, each 0.7 cm in diameter, and a soluble solids content of 22 °Brix. After 12–21 days of fermentation, the final product contained 1.00–1.04% alcohol, highlighting its potential as a promising low-alcohol alternative.

Keywords: Low-alcohol beverage, Pummelo, Pink oyster mushroom

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ 1.2 ดีกรี (Degree) หรือต่ำกว่า โดยผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เติบโตขึ้นมากในทศวรรษที่ผ่านมา ในปี พ.ศ. 2564 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำเติบโตขึ้นมากกว่าร้อยละ 6 ในตลาดระดับโลก ได้แก่ แคนาดา ญี่ปุ่น บราซิล ฝรั่งเศส เยอรมนี สเปน สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ออสเตรเลีย และแอฟริกาใต้ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 3.5 ของส่วนแบ่งการตลาดทั่วโลกสำหรับเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ คาดว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำจะเติบโตร้อยละ 8 ระหว่างปี พ.ศ. 2564-2568 ในขณะเดียวกันคาดว่าผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ต่ำจะไปเติบโตร้อยละ 0.7 (Corfe et al., 2022; World Health Organization, 2023) ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำได้รับการสนับสนุนจากผู้บริโภคที่ชื่นชอบในการใส่ใจสุขภาพ การดื่มที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานหรือกิจกรรมอื่น ๆ ในชีวิตประจำวัน และเพื่อตอบสนองของคนที่ชื่นชอบในรสชาติของแอลกอฮอล์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้ม (Trend) การใช้ชีวิตประจำวันที่ไม่ต้องการปริมาณแอลกอฮอล์มากจนถึงขั้นมึนเมา นอกจากนี้ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำยังดึงดูดกลุ่มลูกค้าที่ดื่มแอลกอฮอล์ในปริมาณน้อยเพื่อเข้าร่วมกิจกรรมสังคม นักวิจัยจึงมีความพยายามที่จะค้นคว้าและพัฒนาเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำ โดยนำเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์เข้ามามีส่วนร่วมกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ต่ำ หรือมีปริมาณแอลกอฮอล์น้อย ได้แก่ เทเบิลไวน์ (Table wine) ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่ต่ำกว่า 7 ดีกรี และไม่สูงกว่า 15 ดีกรี สปาร์กลิงไวน์ (Sparkling wine) ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่ต่ำกว่า 9 ดีกรี และไม่สูงกว่า 15 ดีกรี ฟอर्टิไฟด์ไวน์ (Fortified wine) ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่า 15 ดีกรี แต่ไม่สูงกว่า 23 ดีกรี เฟลเวอร์ไดไวน์ (Flavored wine) ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่เกิน 23 ดีกรี (Thai Industrial Standards Institute, 2001) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดว่า ไวน์ผลไม้ (Fruit wine) และไวน์สมุนไพร (Herbal wine) มีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรี จากการหมักผลไม้ น้ำผลไม้ และหรือสมุนไพรด้วยยีสต์ *Saccharomyces* เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ (Thai Industrial Standards Institute, 2024a,b)

ส้มโอ (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.) เป็นไม้ต้นขนาดเล็ก จัดอยู่ในวงศ์ Rutaceae มีชื่อท้องถิ่นว่า โก้ยตะลอง มะขุน มะโอ ลิมาบาลี และสังอุ (Office of the Forest Herbarium, 2014) จังหวัดชัยนาทเป็นแหล่งปลูกส้มโอแหล่งหนึ่งในภาคกลาง มีพันธุ์ปลูก (Cultivated variety) ที่ได้รับความนิยมคือพันธุ์ขาวแตงกวา ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีความสำคัญเชิงการค้า รสชาติดี (Department of Agricultural Extension, 2007) และมีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินซี แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) และฟีนอลิก (Phenolic) (Theppakorn & Chaiwong, 2011) ส้มโอพันธุ์ปลูกขาวแตงกวาได้รับการรับรองให้เป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์หนึ่งของไทย (Thai Geographical Indication) (Office of Provincial Commercial Affairs Chainat, 2007)

เห็ด (Mushroom) เป็นเชื้อราที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการรักษาโรคต่าง ๆ เช่น เบต้ากลูแคน (β -D-glucan) ต้านมะเร็ง เอริตาดีนิน (Eritadenine) รักษาโรคเส้นเลือดตีบ และเห็ดบางชนิดสามารถผลิตเอนไซม์เอดีเอช (Alcohol dehydrogenase) ที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนสารอะซีตัลดีไฮด์ (Acetaldehyde) เป็นเอทานอล (Ethanol) เห็ดที่มีความสำคัญ เช่น เห็ดกระดุม (*Agaricus blazei* Murrill) เห็ดเข็มทอง (*Flammulina velutipes* P. Karst.) เห็ดตีนแรด (*Tricholoma crassum* (Berk.) Sacc.) เห็ดนางนวล (*Pleurotus flabellatus* (Berk & Br.) Sacc.) เห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus* Fries) และเห็ดหมื่นปี (*Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst.) เป็นต้น (Chaijumrus, 1993; Okamura et al., 2001; Poomkaedum, 2003) มีรายงานการนำเห็ดนางนวลมาใช้ในการหมักน้ำตาลแทนยีสต์ คาดว่าจะได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ต่ำมีประโยชน์ต่อสุขภาพเนื่องจากมีสารสำคัญทางเภสัชกรรม เห็ดนางนวลเป็นเห็ดที่ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันแสงจากรังสียูวีเอ (Ultraviolet A) (Rahman et al., 2021) และต้านมะเร็งลำไส้ (Klaus et al., 2021; Malathi & Murugesan, 2023) อย่างไรก็ตาม ในอนาคตคาดว่าจะมีผู้บริโภคหันมาสนใจดื่มผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ผลิตจากเห็ดที่ช่วยเสริมสุขภาพมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความเข้มข้นของน้ำส้มโอที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำจากน้ำส้มโอพันธุ์ปลูกขาวแตงกวา เมื่อใช้เส้นใยเห็ดในการหมัก 2) เพื่อศึกษาปริมาณกลีโคไซด์เส้นใยเห็ดต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำจากน้ำส้มโอพันธุ์ปลูกขาวแตงกวา และ 3) เพื่อศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำ จากน้ำส้มโอพันธุ์ปลูกขาวแตงกวา เมื่อใช้เส้นใยเห็ดในการหมัก

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำส้มโอที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ทำจากน้ำส้มโอพันธุ์ปลูกชาวแตงกวา เมื่อใช้เส้นใยเห็ดในการหมัก

1) การเตรียมกล้าเชื้อเส้นใยเห็ดนางนวล

เชื้อเห็ดได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์รวบรวมเชื้อพันธุ์เห็ดแห่งประเทศไทย กลุ่มวิจัยและพัฒนาเห็ด สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร โดยถ่ายเชื้อเห็ดลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน ดังรูปที่ 1(ก)-1(ข) จากนั้น ใช้ Cork borer เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร ตัดเส้นใยบริเวณรอบนอกสุดของโคโลนี ซึ่งจะได้ชิ้นวุ้นที่มีเส้นใยเห็ดเจริญอยู่ไปใช้หมักต่อไป

2) การเตรียมน้ำส้มโอ

เนื้อผลส้มโอพันธุ์ปลูกชาวแตงกวา ได้มาจากตำบลเขาท่าพระ อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท ดังรูปที่ 1(ค)-1(ง) มาปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียด นำมารองจะได้น้ำส้มโอ จากนั้นนำน้ำส้มโอมาผสมกับน้ำ ให้ได้ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 60 80 และ 100 หลังจากนั้น ใช้น้ำตาลซูโครส (Sucrose) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 20 องศาบริกซ์ ($^{\circ}$ Brix) ด้วยเครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Hand refractometer) แล้วผสมแอมโมเนียมซัลเฟต (Ammonium sulfate) 1 กรัมต่อน้ำส้มโอ 1,000 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ด้วยกรดซิตริก (Citric acid) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ให้มีค่าเท่ากับ 5.5 ด้วยเครื่องวัดกรด-เบส (pH meter)



รูปที่ 1. ลักษณะเห็ดนางนวล (*Pleurotus flabellatus* (Berk & Br.) Sacc.) เส้นใยเห็ดบนอาหาร PDA เมื่ออายุ 7 วัน และส้มโอ (*Citrus maxima* (Burm.) Mer.)

3) ศึกษาความเข้มข้นของน้ำส้มโอที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดนางนวลบนอาหาร Pummelo Sucrose Agar (PuSA)

เติมน้ำผง 15 กรัม ในน้ำส้มโอปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัดไอ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที จากนั้น เทลงในจานเพาะเชื้อและนำกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด จำนวน 1 ชิ้น วางลงบนผิวหน้าอาหาร PuSA บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 27 วัน วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเส้นใยเห็ดทุก 3 วัน

4) ศึกษาความเข้มข้นของน้ำส้มโอที่เหมาะสมต่อการหมักด้วยกล้าเชื้อเส้นใยเห็ดนางนวล

นำน้ำส้มโอปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วที่มีปริมาตร 300 มิลลิลิตร นำขวดไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเติมกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด จำนวน 10 ชิ้นต่อขวด บ่มที่อุณหภูมิห้อง หมักเป็นเวลา 21 วัน เก็บตัวอย่างน้ำหมักทุก 3 วัน นำไปวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ด้วยเครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ตามวิธีการของโซโมยี (Somogyi) (Somogyi, 1952) และวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยอีบูลลิโอมิเตอร์ (Ebulliometer) วิเคราะห์ข้อมูลโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) 3 ชุดทดลอง ทดลองซ้ำชุดละ 3 ครั้ง เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2.2 ศึกษาปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ดที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์คือน้ำส้มโอพันธุ์ปลูกชาวแตงกวา

นำน้ำส้มโอความเข้มข้นที่เหมาะสมจากข้อ 2.1 มาเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ด โดยแปรผันปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 15 ชิ้นต่อน้ำส้มโอ 100 มิลลิลิตร (กล้าเชื้อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร) หมักเป็นเวลา 21 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 3 ชุดทดลอง ทดลองซ้ำชุดละ 3 ครั้ง เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย DMRT

2.3 ศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์คือน้ำส้มโอพันธุ์ปลูกชาวแตงกวา เมื่อใช้เส้นใยเห็ดในการหมัก

เตรียมน้ำส้มโอความเข้มข้นที่เหมาะสมจากข้อ 2.1 และปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ดที่เหมาะสมจากข้อ 2.2 มาปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 3 ระดับ คือ 18, 20 และ 22 องศาบริกซ์ หมักเป็นเวลา 21 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 3 ชุดทดลอง ทดลองซ้ำชุดละ 3 ครั้ง เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย DMRT

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ความเข้มข้นของน้ำส้มโอที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์คือน้ำส้มโอพันธุ์ปลูกชาวแตงกวา เมื่อใช้เส้นใยเห็ดในการหมัก

จากการศึกษาการเจริญของเส้นใยเห็ดนางวลบนอาหาร PuSA ที่มีความเข้มข้นของน้ำส้มโอร้อยละ 60, 80 และ 100 เมื่ออายุ 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 และ 27 วัน พบว่า เส้นใยเห็ดนางวลมีเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเพิ่มขึ้น เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีความเข้มข้นของน้ำส้มโอเพิ่มขึ้น ผลกระทบนี้อาจเกิดจากส่วนผสมของน้ำส้มโอที่มีปริมาณแตกต่างกัน เนื่องจากในน้ำส้มโอพันธุ์ปลูกชาวแตงกวามีส่วนประกอบของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก สังกะสี และวิตามินซี (Ministry of Public Health, 2010) ซึ่งส่วนประกอบดังกล่าวเป็นองค์ประกอบที่เห็ดต้องการใช้ในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะน้ำตาลกลูโคส (Glucose) ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด อย่างไรก็ตามพบว่า อายุ (วัน) ในการหมักเดียวกับการเจริญของเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีที่ความเข้มข้นของน้ำส้มโอร้อยละ 60, 80 และ 100 จากตารางที่ 1 ในแนวนอนเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ

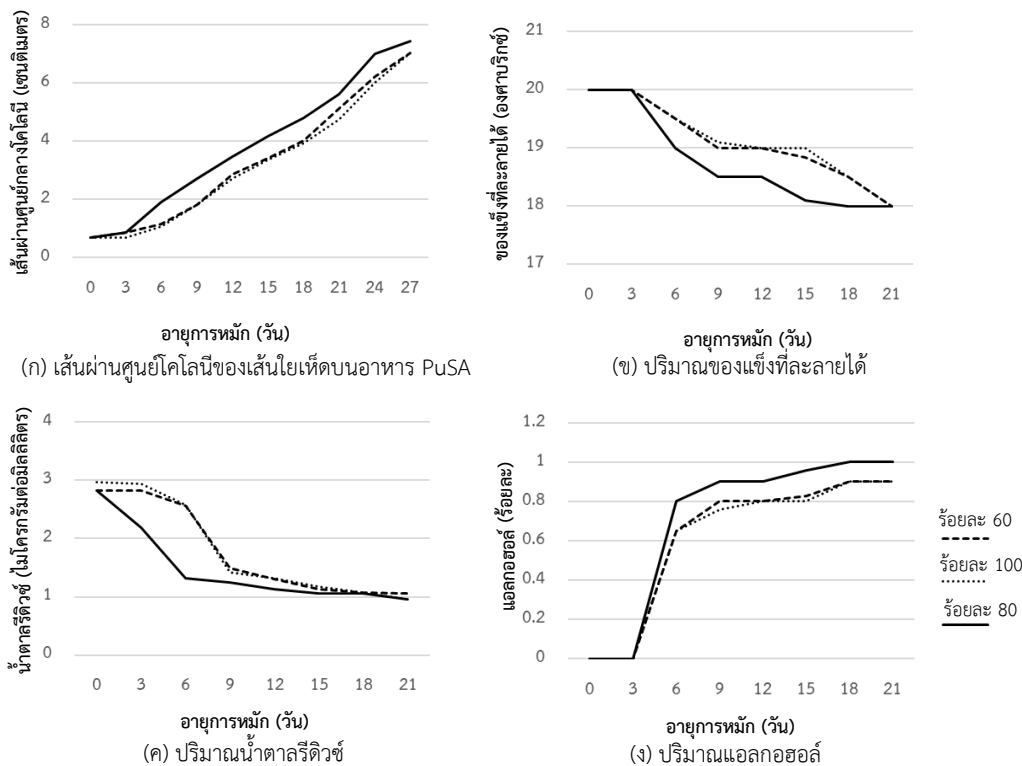
เชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยพบว่า เชื้อเจริญเติบโตได้ดีที่สุดและมีเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีสูงสุดเท่ากับ 7.43 ± 0.15 เซนติเมตร ที่ความเข้มข้นของน้ำส้มโอร้อยละ 100 และหมักเป็นเวลา 27 วัน ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 2

นอกจากนี้ เมื่อนำน้ำส้มโอที่ความเข้มข้นร้อยละ 60, 80 และ 100 มาเติมกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 10 ชิ้นต่อ น้ำส้มโอ 100 มิลลิลิตร หมักเป็นเวลา 21 วัน พบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง แต่ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น ซึ่งแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นเกิดจากกระบวนการหมัก น้ำตาลของเส้นใยเห็ดนางพล โดยจะใช้น้ำตาลเพื่อการเจริญเติบโตและผลิตเอนไซม์เอติเอช เพื่อใช้ในการ เปลี่ยนสารอะซีตัลดีไฮด์ไปเป็นเอทานอล (Okamura et al., 2001) จากการทดลองพบว่า ได้ปริมาณ แอลกอฮอล์สูงสุด คือร้อยละ 1.00 ± 0.00 ที่ความเข้มข้นของน้ำส้มโอร้อยละ 100 ดังตารางที่ 2 และรูปที่ 2 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกน้ำส้มโอที่ความเข้มข้นร้อยละ 100 มาทดสอบต่อไป เนื่องจากที่ระดับความเข้มข้น ดังกล่าวมีแนวโน้มส่งเสริมการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดดีที่สุด รวมถึงให้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูงกว่าเมื่อ เปรียบเทียบกับความเข้มข้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 1. เส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเส้นใยเห็ดนางพลที่เจริญบนอาหาร PuSA ที่ความเข้มข้นของน้ำส้มโอ 3 ระดับ

อายุ (วัน)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (เซนติเมตร)		
	ความเข้มข้นของน้ำส้มโอ (ร้อยละ)		
	60	80	100
0	$0.70 \pm 0.00^{i \text{ n}}$	$0.70 \pm 0.00^{i \text{ n}}$	$0.70 \pm 0.00^{i \text{ n}}$
3	$0.86 \pm 0.05^{i \text{ n}}$	$0.70 \pm 0.00^{i \text{ n}}$	$0.86 \pm 0.05^{i \text{ n}}$
6	$1.16 \pm 0.05^{h \text{ n}}$	$1.06 \pm 0.11^{h \text{ n}}$	$1.90 \pm 0.10^{h \text{ n}}$
9	$1.83 \pm 0.05^{g \text{ n}}$	$1.83 \pm 0.20^{g \text{ n}}$	$2.73 \pm 0.11^{g \text{ n}}$
12	$2.86 \pm 0.05^{f \text{ n}}$	$2.73 \pm 0.30^{f \text{ n}}$	$3.46 \pm 0.15^{f \text{ n}}$
15	$3.40 \pm 0.15^{e \text{ n}}$	$3.36 \pm 0.25^{e \text{ n}}$	$4.16 \pm 0.15^{e \text{ n}}$
18	$4.03 \pm 0.23^{d \text{ n}}$	$3.93 \pm 0.15^{d \text{ n}}$	$4.80 \pm 0.10^{d \text{ n}}$
21	$5.13 \pm 0.40^{c \text{ n}}$	$4.73 \pm 0.11^{c \text{ n}}$	$5.60 \pm 0.20^{c \text{ n}}$
24	$6.23 \pm 0.66^{b \text{ n}}$	$6.00 \pm 0.20^{b \text{ n}}$	$7.00 \pm 0.10^{b \text{ n}}$
27	$7.03 \pm 0.05^{a \text{ n}}$	$7.03 \pm 0.05^{a \text{ n}}$	$7.43 \pm 0.15^{a \text{ n}}$

หมายเหตุ: *ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหนึ่งค่าที่ได้จากการทำซ้ำสามครั้ง *ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันในแนวตั้ง เดียวกัน บ่งชี้ถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 *ตัวอักษรภาษาไทยเหมือนกันใน แนวอนเดียวกัน บ่งชี้ถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 2. เส้นผ่านศูนย์กลางโคโรนารีของเส้นใยเห็ดบนอาหาร PuSA ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ เมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำส้มโอ 3 ระดับ และใช้ปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 10 ขึ้น หมักเป็นเวลา 21 วัน

ตารางที่ 2. ปริมาณแอลกอฮอล์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 3 ระดับ ในความเข้มข้นของน้ำส้มโอ 3 ระดับ ที่ความเข้มข้นน้ำส้มโอร้อยละ 100 โดยหมักเป็นเวลา 21 วัน

อายุการหมัก (วัน)	แอลกอฮอล์ (ร้อยละ)					
	ความเข้มข้นของน้ำส้มโอ (ร้อยละ)			กล้าเชื้อเส้นใยเห็ด (ขึ้น)		
	60	80	100	5	10	15
0	0.00±0.00 ^d ^ก	0.00±0.00 ^d ^ก	0.00±0.00 ^d ^ก	0.00±0.00 ^f ^ก	0.00±0.00 ^e ^ก	0.00±0.00 ^d ^ก
3	0.00±0.00 ^d ^ก	0.00±0.00 ^d ^ก	0.00±0.00 ^d ^ก	0.00±0.00 ^f ^ก	0.00±0.00 ^e ^ก	0.00±0.00 ^d ^ก
6	0.65±0.00 ^c ^ก	0.65±0.00 ^c ^ก	0.80±0.00 ^c ^ก	0.63±0.02 ^e ^ก	0.80±0.00 ^d ^ก	0.81±0.02 ^c ^ก
9	0.80±0.00 ^b ^ก	0.76±0.05 ^b ^ก	0.90±0.00 ^b ^ก	0.66±0.02 ^{de} ^ข	0.88±0.02 ^c ^ก	0.95±0.00 ^b ^ก
12	0.80±0.00 ^b ^ก	0.80±0.00 ^b ^ก	0.90±0.00 ^b ^ก	0.70±0.00 ^{ed} ^ก	0.90±0.00 ^{bc} ^ก	0.96±0.02 ^b ^ก
15	0.83±0.05 ^b ^ก	0.80±0.00 ^b ^ก	0.96±0.05 ^a ^ก	0.73±0.05 ^{bc} ^ก	0.91±0.02 ^b ^ก	1.00±0.00 ^a ^ก
18	0.90±0.00 ^a ^ก	0.90±0.00 ^a ^ก	1.00±0.00 ^a ^ก	0.76±0.05 ^{ab} ^ก	1.00±0.00 ^a ^ก	1.00±0.00 ^a ^ก
21	0.90±0.00 ^a ^ก	0.90±0.00 ^a ^ก	1.00±0.00 ^a ^ก	0.80±0.00 ^a ^ก	1.00±0.00 ^a ^ก	1.00±0.00 ^a ^ก

หมายเหตุ: *ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหนึ่งค่าที่ได้จากการทำซ้ำสามครั้ง *ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน บ่งชี้ถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 *ตัวอักษรภาษาไทยเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน บ่งชี้ถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2 ปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ดที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำจากน้ำส้มโอพันธุ์ปลูกชาวแตงกวา

จากการนำความเข้มข้นของน้ำส้มโอร้อยละ 100 ซึ่งเป็นสิ่งที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.1 มาเติมเชื้อเส้นใยเห็ดที่มีการแปรผันปริมาณกล้าเชื้อ 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 15 ขึ้นต่อน้ำส้มโอ 100 มิลลิลิตร หมักเป็นเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน พบว่า เมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลงจาก 20 เป็น 19 องศาบริกซ์ ที่ปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 5 ขึ้น ในขณะที่ปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 10 และ 15 ขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลงจาก 20 เป็น 18 องศาบริกซ์ สำหรับผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์พบว่า เมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงจาก 3.12 เป็น 1.21 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 5 ขึ้น ในขณะที่ปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 10 ขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงจาก 3.03 เป็น 1.35 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และถ้าปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 15 ขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงจาก 3.14 เป็น 0.97 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนผลการศึกษาปริมาณแอลกอฮอล์พบว่า เมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ± 0.00 เป็น 0.80 ± 0.00 ที่ปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 5 ขึ้น ในขณะที่ปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 10 และ 15 ขึ้น ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ± 0.00 เป็น 1.00 ± 0.00 ดังตารางที่ 2 และรูปที่ 3 จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า เส้นใยเห็ดนางรมสามารถใช้เป็นเชื้อในการหมักได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วัฒนา อัจฉริยะโพธา (Ascharyhaphotha, 2004) ที่ศึกษาการหมักน้ำผลไม้โดยใช้ปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด ตินแรด เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม และเห็ดหมื่นปี ที่ 5, 10 และ 15 เพลลิต (Pellet) ต่อน้ำผลไม้ 30 มิลลิลิตร พบว่า เมื่อใช้ปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ดเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ มีรายงานพบว่า เมื่อใช้ปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ดแครง (*Schizophyllum commune* Fr.) ที่ 5, 10 และ 15 ขึ้น ในการหมัก น้ำส้มโอเป็นระยะเวลานานขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง แต่ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น (Somprasert & Pangnoi, 2015) อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักน้ำส้มโอความเข้มข้นร้อยละ 100 ของกล้าเชื้อเส้นใยเห็ดทั้ง 3 ระดับ ที่อายุ (วัน) ในการหมักเดียวกัน ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 2 ในแนวนอน

3.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำจากน้ำส้มโอพันธุ์ปลูกชาวแตงกวา เมื่อใช้เส้นใยเห็ดในการหมัก

จากผลการทดลองในข้อ 3.1 และ 3.2 คัดเลือกความเข้มข้นน้ำส้มโอร้อยละ 100 และปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 15 ขึ้นต่อน้ำส้มโอ 100 มิลลิลิตร นำมาแปรผันปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 3 ระดับ ได้แก่ 18, 20 และ 22 องศาบริกซ์ หมักเป็นเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน พบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลง โดยลดลงจาก 18.00 เป็น 15.30 องศาบริกซ์ ลดลงจาก 20 เป็น 18 องศาบริกซ์ และลดลงจาก 22 เป็น 19.60 องศาบริกซ์ สำหรับผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์พบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงจาก 2.97 เป็น 1.00 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 18 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงจาก 3.13 เป็น 1.46 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 20 องศาบริกซ์ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงจาก 3.40 เป็น 1.52 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 22 องศาบริกซ์ ส่วนผลการศึกษาปริมาณแอลกอฮอล์พบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.00 เป็น

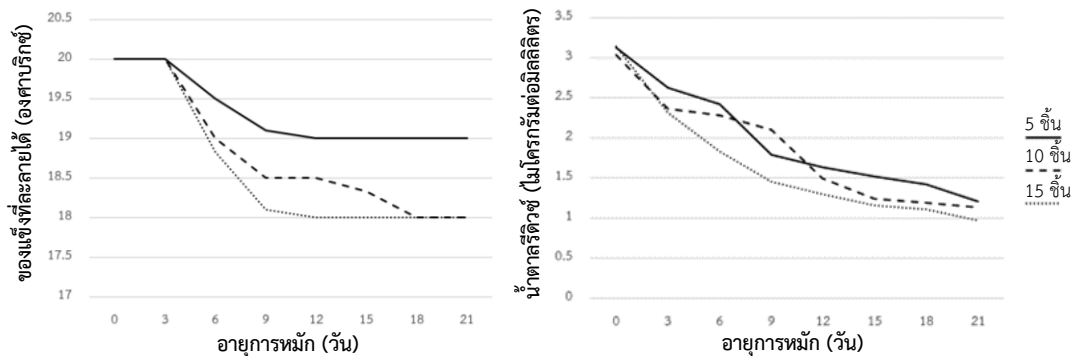
0.88±0.07 ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 18 องศาบริกซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.00 เป็น 1.05±0.00 ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 20 องศาบริกซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.00 เป็น 1.04±0.00 ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 22 องศาบริกซ์ ดังตารางที่ 3 และรูปที่ 4-5 ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของอรอุมา นรราช (Norrarach, 2007) ที่รายงานการผลิตแอลกอฮอล์จากการหมักน้ำองุ่นโดยใช้เส้นใยเห็ดต่างผ่น (*Lentinus giganteus* Berk.) เห็ดตีนแรด เห็ดหูหนู (*Auricularia auricular* (Hook.) Underw.) และเห็ดหัวลิง (*Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon) ในการหมักที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 22 องศาบริกซ์ พบว่า ภายหลังจากการหมักปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลง แต่มีปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้รัฐพล ศรประเสริฐ และเสาวรส แพนงน้อย (Somprasert & Pangnoi, 2015) ได้ศึกษาการทำไวน์จากน้ำส้มโอโดยใช้เส้นใยเห็ดแครงในการหมักพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง แต่ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักน้ำส้มโอความเข้มข้นร้อยละ 100 ของกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 15 ขึ้น ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 18, 20 และ 22 องศาบริกซ์ ที่อายุ (วัน) ในการหมักเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 3 ในแนวนอน

จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า เส้นใยเห็ดนางวลสามารถหมักน้ำส้มโอพันธุ์ปลูกชาวแตงกวาเพื่อผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำ โดยสามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้ร้อยละ 1.00-1.04 ดังรูปที่ 5 เมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำส้มโอร้อยละ 100 ใช้ปริมาณกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 15 ขึ้น ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร และใช้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 22 องศาบริกซ์ เมื่อหมักเป็นเวลา 12-21 วัน อย่างไรก็ตาม หากต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น อาจต้องใช้ปริมาณกล้าเชื้อที่มากขึ้นหรือใช้เวลาในการหมักที่นานขึ้น

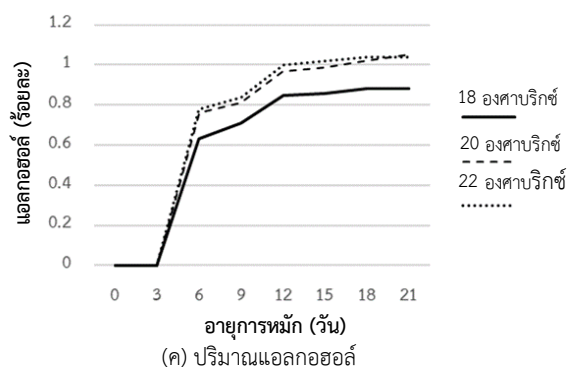
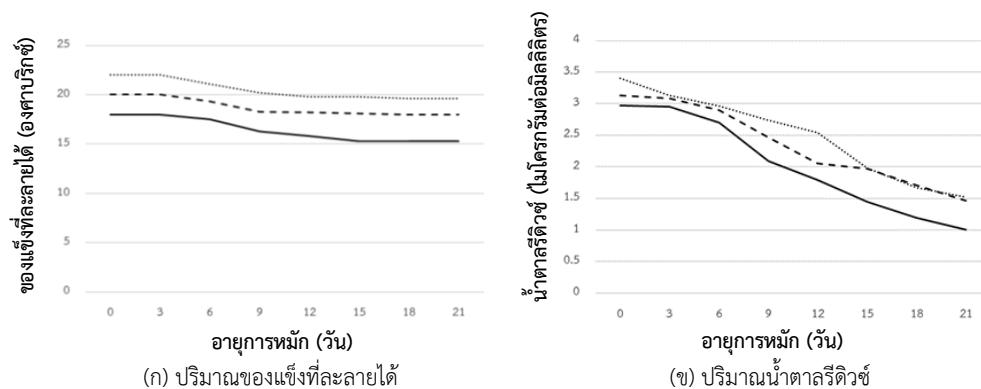
ตารางที่ 3. ปริมาณแอลกอฮอล์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักกล้าเชื้อเส้นใยเห็ด 15 ขึ้น ในความเข้มข้นของน้ำส้มโอร้อยละ 100 และแปรผันของแข็งที่ละลายได้ 3 ระดับ โดยหมักเป็นเวลา 21 วัน

อายุการหมัก (วัน)	แอลกอฮอล์ (ร้อยละ)		
	ของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)		
	18	20	22
0	0.00±0.00 ^c ^η	0.00±0.00 ^d ^η	0.00±0.00 ^d ^η
3	0.00±0.00 ^c ^η	0.00±0.00 ^d ^η	0.00±0.00 ^d ^η
6	0.63±0.02 ^b ^η	0.76±0.02 ^c ^η	0.78±0.02 ^c ^η
9	0.71±0.02 ^b ^η	0.81±0.02 ^b ^η	0.84±0.04 ^b ^η
12	0.85±0.05 ^a ^η	0.97±0.05 ^a ^η	1.00±0.02 ^a ^η
15	0.86±0.05 ^a ^η	0.99±0.04 ^a ^η	1.02±0.00 ^a ^η
18	0.88±0.07 ^a ^η	1.02±0.00 ^a ^η	1.04±0.00 ^a ^η
21	0.88±0.07 ^a ^η	1.05±0.00 ^a ^η	1.04±0.00 ^a ^η

หมายเหตุ: *ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหนึ่งค่าที่ได้จากการทำซ้ำสามครั้ง *ตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน บ่งชี้ถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 *ตัวอักษรภาษาไทยเหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน บ่งชี้ถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 3. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เมื่อแปรผันปริมาณกล้ำเชื้อเส้นใยเห็ด 3 ระดับ ที่ความเข้มข้นน้ำของส้มโอร้อยละ 100 หมักเป็นเวลา 21 วัน



รูปที่ 4. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ เมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำส้มโอ ร้อยละ 100 ปริมาณกล้ำเชื้อเส้นใยเห็ด 15% และแปรผันของแข็งที่ละลายได้ 3 ระดับ หมักเป็นเวลา 21 วัน



รูปที่ 5. ผลผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำที่เตรียมจากความเข้มข้นของน้ำส้มโอพันธุ์ปลูกชาวแตงกวาร้อยละ 100 ปริมาณกล้ำเชื้อเส้นใยเห็ด 15 ขึ้น และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 22 องศาบริกซ์ หมักเป็นเวลา 21 วัน

4. สรุปผลการวิจัย

เส้นใยเห็ดนางนวลสามารถเจริญเติบโตได้บนอาหาร PuSA ที่ความเข้มข้นของน้ำส้มโอร้อยละ 60, 80 และ 100 เมื่อนำน้ำส้มโอที่ความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ มาทดสอบด้วยการเติมกล้ำเชื้อเส้นใยเห็ด 10 ขึ้น หมักเป็นเวลา 21 วัน พบว่า เมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง ในขณะที่ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 1.00 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 100 จากนั้น เมื่อนำความเข้มข้นน้ำส้มโอร้อยละ 100 และแปรผันปริมาณกล้ำเชื้อเส้นใยเห็ด 3 ระดับ พบว่า เมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง ส่วนปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 1.00 ที่ปริมาณกล้ำเชื้อ 10 และ 15 ขึ้น สำหรับการทดสอบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 3 ระดับ ที่ความเข้มข้นของน้ำส้มโอร้อยละ 100 กล้ำเชื้อเส้นใยเห็ด 15 ขึ้น พบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง ส่วนปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 1.05 ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 20 องศาบริกซ์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเส้นใยเห็ดนางนวลซึ่งสามารถใช้แทนยีสต์ในการหมักจนได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำ รวมถึงประสิทธิภาพของน้ำส้มโอโดยการใช้เส้นใยเห็ดในการหมักน่าจะทำให้เกิดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้ดื่ม

เอกสารอ้างอิง (References)

Ascharyhaphotha, W. (2004). *Development of wine product by mushroom fermentation* [Master's thesis, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang]. King Mongkut's

- Institute of Technology Ladkrabang Repository. <https://opac.lib.kmitl.ac.th/catalog/BibItem.aspx?BibID=b00167740> (in Thai)
- Chaijumrus, S. (1993). *Partial purification and characterization of antitumor activities of the polysaccharides isolated from fruiting body and the mycelium of Ganoderma lucidum* [Master's thesis, Chulalongkorn University]. Chulalongkorn University Repository. <https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/62771> (in Thai)
- Corfe, S., Hyde, R., & Sheperd, J. (2022). *Alcohol-free and low-strength drinks: Understanding their role in reducing alcohol-related harms*. Social Market Foundation. <https://coilink.org/20.500.12592/0pmdhg>
- Department of Agricultural Extension. (2007). *Thailand's international trade statistics*. Information Development and Services Group, Bangkok. (in Thai)
- Klaus, A., Wan-Mohtar, W. A. A. Q. I., Nikolić, B., Cvetković, S., & Vunduk, J. (2021). Pink oyster mushroom *Pleurotus flabellatus* mycelium produced by an airlift bioreactor: The evidence of potent in vitro biological activities. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 37(1), 17-30. <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02980-6>
- Malathi, G., & Murugesan, A. K. (2023). Bioconversion, nutritional analysis, radical scavenging and characterization of substrates of *Pleurotus flabellatus* (Berk. and Br.) Sacc. *South African Journal of Botany*, 157, 423-437. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.04.025>
- Ministry of Public Health. (2010). *Nutritional value in fruits*. Agricultural Co-operative Federation of Thailand, Bangkok. (in Thai)
- Norarach, O. (2007). *Study on wine production by mushroom mycelium fermentation* [Master's thesis, Mahasarakham University]. Mahasarakham University Repository. <https://opac.msu.ac.th/bibitem?bibid=b00231392> (in Thai)
- Office of Provincial Commercial Affairs Chainat. (2007). *Report on application for registration of geographical indications*. Department of Intellectual Property, Chai Nat Province. (in Thai)
- Office of the Forest Herbarium. (2014). *Tem Smitinand's Thai plant names*. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)
- Okamura, T., Ogata, T., Minamoto, N., Takeno, T., Noda, H., Fukuda, S., & Ohsugi, M. (2001). Characteristics of wine produced by mushroom fermentation. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 65(7), 1596-1600. <https://doi.org/10.1271/bbb.65.1596>
- Poomkaedum, P. (2003). *Studies on genetic variation of Tricholoma crassum isolates by isozyme techniques* [Master's thesis, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang]. King

- Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Repository. <https://opac.lib.kmitl.ac.th/catalog/BiblItem.aspx?BibID=b00164948> (in Thai)
- Rahman, N. S. A., Hassan, M., Hamid, N. I., Mohamad, S. A., Mohamad, N., Mahadi, M., Zailan, N. F. Z., & Rozila, I. (2021). Antioxidative and photoprotective effects of *Pleurotus flabellatus* (pink oyster mushroom) polysaccharides against UVA radiation-induced cytotoxicity in human dermal fibroblast (HS-27) cell line. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, 17(3), 185-191.
- Somogyi, M. (1952). Notes on sugar determination. *Journal of Biological Chemistry*, 195(3), 19-23. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)50870-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)50870-5)
- Sornprasert, R., & Pangnoi, S. (2015). The imitation wine from the juice of pomelo (*Citrus maxima* (Burm.f.) Merr.), Khao Taeng Kwa variety, fermented with the mycelium of Hed Krang (*Schizophyllum commune* Fr.). *Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 25(3), 449-457. <http://dx.doi.org/10.14416/j.kmutnb.2015.06.001> (in Thai)
- Thai Industrial Standards Institute. (2001). *Wine industry product standard (TISI. 2089-2001)*. Ministry of Industry. (in Thai)
- Thai Industrial Standards Institute. (2024a). *Thai community product standard: Fruit wine (TCPS.2/2024)*. Ministry of Industry. (in Thai)
- Thai Industrial Standards Institute. (2024b). *Thai community product standard: Herbal wine (TCPS.31/2024)*. Ministry of Industry. (in Thai)
- Theppakorn, T., & Chaiwong, S. (2011). Bioactive compounds in pummelo and grapefruit. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 29(2), 90-99. (in Thai)
- World Health Organization. (2023). *A public health perspective on zero- and low alcohol beverages*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240072152>