

การผลิตวุ้นสวรรค์จากลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.) และมังคุด
(*Garcinia mangostana* Linn.) คุณภาพต่ำในจังหวัดนราธิวาส
Production of Nata de Coco from Low-quality of Langsat (*Lansium domesticum* Corr.) and Mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.) in
Narathiwat province

ตัสนีม สมวงศ์^{1*}, อารีตา มะดาโอ๊ะ¹ และ ฟาอิส สามิ²

Tasneem Somwong^{1*}, Areeta Madaok¹ and Fais sami²

(Received: 17 October 2025; Revised: 2 December 2025; Accepted: 17 December 2025)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตวุ้นสวรรค์จากลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.) และมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) ที่มีมูลค่าต่ำของจังหวัดนราธิวาส โดย *Acetobacter xylinum* TISTR 893 ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาอัตราส่วนของน้ำผลไม้ทั้ง 2 ชนิด และปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสม เพื่อส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียและผลิตปริมาณวุ้นสวรรค์ได้มากที่สุด ผลการทดลองพบว่า ปริมาณความเข้มข้นน้ำลองกอง 30 % (v/v) และ น้ำมังคุด 10 % (v/v) มีความเหมาะสมที่สุด โดยวิเคราะห์จากน้ำหนักวุ้นสวรรค์ได้เท่ากับ 25.53 ± 0.11 กรัม/100 มิลลิลิตร และ 23.24 ± 0.42 กรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ และเมื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟต และพีเอชที่เหมาะสม พบว่า 9 °Brix ในน้ำลองกอง และ 12 °Brix ในน้ำมังคุด มีความเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อและสร้างวุ้นสวรรค์ได้สูงสุดเท่ากับ 24.50 ± 0.03 และ 22.90 ± 1.04 กรัม/100 มิลลิลิตร ปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟต 0.5 % (w/v) และปรับพีเอชเริ่มต้น 4.0 ในอาหารเลี้ยงเชื้อนั้นมีความเหมาะสมสำหรับการเจริญของแบคทีเรีย วิเคราะห์น้ำหนักของวุ้นสวรรค์ได้เท่ากับ 23.29 ± 0.20 และ 24.62 ± 0.20 กรัม/100 มิลลิลิตร และ 25.53 ± 0.22 และ 27.31 ± 0.10 กรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพของวุ้นสวรรค์

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

¹ Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwat University

² บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

² CPF (Thailand) public company limited

*Corresponding Author: Tasneem.s@pnu.ac.th

ที่ได้จากการหมักในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสภาวะที่เหมาะสมทั้งหมดพบว่า แบคทีเรียสร้างวุ้นสวรรค์ได้ปริมาณมากขึ้น โดยได้ปริมาณวุ้นสวรรค์จากน้ำลองกองเท่ากับ 30.64 ± 0.56 กรัม/100 มิลลิลิตร และน้ำมังคุดเท่ากับ 30.54 ± 0.36 กรัม/100 มิลลิลิตร และเมื่อวิเคราะห์ลักษณะปรากฏทางกายภาพพบว่า วุ้นสวรรค์จากน้ำลองกองจะมีสีน้ำตาลอมเหลือง ส่วนวุ้นสวรรค์จากน้ำมังคุดมีสีขาวนวล และคุณภาพของเนื้อสัมผัส Gel strength ของวุ้นสวรรค์ทั้งสองชนิดพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: *Acetobacter xylinum* วุ้นสวรรค์ ผลไม้

Abstract

This research aims to produce bacterial cellulose from low-quality langsat (*Lansium domesticum* Corr.) and mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.), in Narathiwat Province, using *Acetobacter xylinum* TISTR 893. This study investigated the optimal ratio between the two types of fruit juices and the relevant factors that promote bacterial growth and maximize bacterial cellulose production. The experimental results indicated that 30 % (v/v) langsat juice and 10 % (v/v) mangosteen juice were the most suitable concentrations, as determined by the weight of the bacterial cellulose. The yields were 25.53 ± 0.11 g/100 mL and 23.24 ± 0.42 g/100 mL, respectively. In addition, an examination of various factors in the culture medium, including total soluble solids, ammonium phosphate concentration, and optimal pH, showed that 9 °Brix in langsat juice and 12 °Brix in mangosteen juice provided the most favorable conditions for bacterial growth, resulting in maximum bacterial cellulose yields of 24.50 ± 0.03 and 22.90 ± 1.04 g/100 mL. 0.5% (w/v) ammonium phosphate concentration combined with an initial pH of 4.0 in the culture medium was found to be optimal for bacterial growth. Under these conditions, the bacterial cellulose weights were 23.29 ± 0.20 and 24.62 ± 0.20 g/100 mL, and 25.53 ± 0.22 and 27.31 ± 0.10 g/100 mL, respectively. Subsequently, the quality of bacterial cellulose produced under optimal culture conditions was analyzed. The results showed increased production, with yields of 30.64 ± 0.56 g/100 mL from langsat juice and 30.54 ± 0.36 g/100 mL from mangosteen juice. Physical examinations showed that bacterial cellulose from langsat juice exhibited a yellowish-brown color, whereas that from mangosteen juice was off-white. The gel strength of cellulose from both fruit juices was similar, indicating comparable textural quality.

Keywords: *Acetobacter xylinum*, bacterial cellulose, fruit

บทนำ

ในยุคที่เทคโนโลยีเจริญก้าวหน้าและวิถีการดำเนินชีวิตของคนในปัจจุบันที่เปลี่ยนไปจากในอดีต เช่น การทำงานที่มีการแข่งขัน มีความเร่งรีบ และมีความกดดันที่มากขึ้น รวมถึงการสัมผัสมลพิษทางอากาศอยู่เป็นประจำ สิ่งเหล่านี้อาจจะทำให้ผู้คนเกิดความเครียดและเจ็บป่วยได้ง่าย ปัจจัยดังกล่าวทำให้คนในปัจจุบันมีความสนใจที่จะดูแลสุขภาพมากขึ้น เพื่อให้ร่างกายแข็งแรงและมีภูมิคุ้มกันที่ดี ไม่ว่าจะเป็นการออกกำลังกาย และการเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์แทนการรับประทานขนมหวานที่จะส่งผลเสียต่อร่างกายในระยะยาว วุ้นสวรรค์ (Nata de Coco) หรือแบคทีเรียเซลลูโลส (Bacterial cellulose, BC) เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในการรับประทานของคนรักสุขภาพ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากธรรมชาติโดยอาศัยกระบวนการหมักของแบคทีเรียสกุล *Acetobacter aceti* sub sp. *xylinum* หรือ *Gluconobacter xylinus* (Chawla et al., 2009) วุ้นสวรรค์เป็นเส้นใยเซลลูโลส (cellulose microfiber) มีความละเอียดสูง มีโครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยสายโพลีแซคคาไรด์ต่อกันด้วยพันธะ β -1,4-glycosidic bond มีความเหนียว และแข็งแรง (Dejsungkranont, 2018) นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์มีสรรพคุณที่สามารถช่วยแก้ร้อนใน ลดอาการท้องผูกและป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ได้ ปัจจุบันการผลิตวุ้นสวรรค์ไม่ได้ใช้แค่ส่วนผสมขาวในการผลิตเท่านั้น แต่สามารถใช้วัตถุดิบชนิดอื่นในธรรมชาติผลิตวุ้นสวรรค์ได้ เช่น ผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์จากเปลือกสับปะรด วุ้นสวรรค์จากเปลือกแก้วมังกรเหลือง วุ้นสวรรค์จากมะม่วง วุ้นสวรรค์จากเปลือกมังคุด และวุ้นสวรรค์จากกากลูกหม่อน เป็นต้น (Dejsungkranont, 2018; Promwongpo et al., 2018; Phromthep et al., 2018; Jaturapiree et al., 2019; Somwong et al., 2025) ซึ่งจะได้วุ้นสวรรค์ที่มีสีและรสชาติของผลไม้ที่แตกต่างจากวุ้นสวรรค์ที่ผลิตจากน้ำมะพร้าว

ลองกองและมังคุดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยชนิดหนึ่งที่เกษตรกรให้ความสนใจและนิยมปลูกกันหลายจังหวัดทางภาคใต้โดยเฉพาะจังหวัดนราธิวาส ลองกองเป็นผลไม้ที่มีรสชาติหวาน เนื้อมีสีขาวใส กลิ่นหอม อุดมไปด้วยวิตามิน B และ C มีฟอสฟอรัส แคลเซียม และมีสารแทนนิน ส่วนมังคุดจะมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว เนื้อมีสีขาวนวล ประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ มีสารสำคัญชนิด แชนโทนและแทนนิน (Kaewruksa & Lungmann, 2018; Zeng et al., 2024; Saelee et al., 2024) ในฤดูกาลผลไม้ทุก ๆ ปีในพื้นที่จังหวัดนราธิวาสจะมีลองกองและมังคุดปริมาณมาก ซึ่งเกษตรกรจะเลือกคัดสรรผลไม้ที่คุณภาพดีในการจำหน่ายก่อน เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสนใจและสามารถขายได้ราคาสูง ส่วนผลไม้ที่คุณภาพต่ำจะขายในราคาที่ถูกลงและขายออกยากกว่า ด้วยลองกองและมังคุดมีอายุการเก็บรักษาสั้น ส่งผลให้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย และจะถูกทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะนำลองกองและมังคุดที่คุณภาพต่ำหมักด้วยแบคทีเรีย *Acetobacter xylinum* TISTR 893 และศึกษาปัจจัยต่างๆในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสม เพื่อสร้างวุ้นสวรรค์ที่มีเส้นใยสูงและมีรสชาติผลไม้รสใหม่ที่ต่างไปจากเดิม เหมาะสำหรับเป็นอาหารว่างแก่ผู้สนใจรับประทานเพื่อการดูแลสุขภาพ อีกทั้งช่วยเพิ่มมูลค่าแก่ลองกองและมังคุดที่มีคุณภาพต่ำได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นสวรรค์
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์จากน้ำลองกองและน้ำมังคุด

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมหัวเชื้อแบคทีเรียเซลลูโลส

เตรียมอาหารเหลวที่ประกอบด้วย น้ำมะพร้าว 1 ลิตร 50 กรัม (w/v) น้ำตาลทราย 3 กรัม (w/v) แอมโมเนียมฟอสเฟต $[(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4]$ และกรดอะซิติก 10 มิลลิลิตร (v/v) ทำการต้ม 20 นาที และใส่ลงในขวดโหลแก้วใสขนาด 10×17 เซนติเมตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และตั้งทิ้งไว้จนกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อเย็นลง จากนั้นใส่หัวเชื้อ *A. xylinum* TISTR 893 15 % (v/v) และปิดฝาขวดด้วยผ้าขาวบางที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ในที่นี้เพื่อป้องกันการยับเยินของวุ้น แล้วสังเกตการเกิดขึ้นของวุ้นสวรรค์บนผิวหน้าอาหารเพื่อจะนำไปใช้เป็นกล้าเชื้อต่อไป

2. การเตรียมวัตถุดิบ

ชั่งน้ำหนักลองกองและมังคุดที่ปอกเปลือกเรียบร้อยแล้วอย่างละ 500 กรัม เติมน้ำปริมาตร 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปคั้นด้วยเครื่องคั้นแยกกาก เนื่องจากเป็นผลไม้ตามฤดูกาล น้ำผลไม้ทั้ง 2 ชนิดจะถูกบรรจุลงในถุงซิปล็อค แล้วเก็บรักษาไว้ในตู้อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อคงสภาพสดใหม่ ในส่วนของน้ำมะพร้าวนั้นจะใช้แบบสดใหม่ทุกครั้ง โดยก่อนใช้จะกรองสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนในน้ำมะพร้าวออกด้วยผ้าขาวบางทุกครั้ง ก่อนทำการทดลอง

3. การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นสวรรค์จากน้ำลองกองและน้ำมังคุด

3.1 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำลองกองและน้ำมังคุด

ความเข้มข้นของแหล่งคาร์บอนจะมีผลต่อการผลิตเซลลูโลส เนื่องจากในระหว่างการหมักแบคทีเรียจะผลิตกรดกลูโคนิก ส่งผลให้พีเอชในอาหารเลี้ยงเชื้อลดลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำผลไม้ที่เป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อผลิตวุ้นสวรรค์ ดัดแปลงวิธีการทดลองของ Dejsungkranont (2018) โดยเตรียมความเข้มข้นของน้ำลองกองและน้ำมังคุดอย่างละ 5 ระดับ คือ 10 20 30 40 และ 50 % (v/v) โดยใช้ น้ำมะพร้าวเป็นตัวปรับปริมาตร เนื่องจากในน้ำมะพร้าวมีแร่ธาตุที่สำคัญต่อการเจริญของเชื้อและส่งเสริมการสังเคราะห์วุ้นสวรรค์ได้ดี จากนั้นใส่ส่วนผสมอื่น ๆ ลงไป ได้แก่ น้ำตาลทราย 50 กรัม (w/v) แอมโมเนียมฟอสเฟต $[(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4]$ 3 กรัม (w/v) และ กรดอะซิติก 10 มิลลิลิตร (v/v) นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 นาที พักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วบรรจุอาหารเหลวที่ได้ลงในขวดแก้วใสขนาด 5×13 เซนติเมตร เติมหหัวเชื้อ *A. xylinum* TISTR 893 10% (v/v) ปิดฝาขวดด้วยผ้าขาวบาง ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน วิเคราะห์ปริมาณวุ้นสวรรค์ที่ได้ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance (Mettler-Toledo, Thailand) ทำการทดลอง 3 ซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย

3.2 ศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$ Brix)

น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่สำคัญต่อการเจริญของแบคทีเรีย งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการผลิตวุ้นสวรรค์ โดยทำการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำผลไม้ทั้งลองกองและมังคุดจากข้อที่ 3.1 และศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 4 ระดับ คือ 6 9 12 และ 15 $^{\circ}$ Brix และวัดค่าด้วย Hand refractometer (Atago, India) จากนั้นทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วใส่หัวเชื้อ *A. xylinum* TISTR 893 10% (v/v) ลงไป นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 14 วัน วิเคราะห์ปริมาณวุ้นสวรรค์ที่ได้ด้วยเครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง (Analytical balance (Mettler-Toledo, Thailand) ทำการทดลอง 3 ซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย

3.3 ศึกษาปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตที่เหมาะสม

แอมโมเนียมฟอสเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่จำเป็นต่อการสร้างเอนไซม์และพลังงานในเซลล์รวมถึงรักษาค่า pH ให้เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรีย งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีผลต่อการผลิตวุ้นสวรรค์ โดยเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมของน้ำผลไม้จากข้อที่ 3.1-3.2 จากนั้นใส่ปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟต 3 ระดับ คือ 0 0.5 และ 1.0 % (w/v) (Khemacheewakul, 2017) นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วใส่หัวเชื้อ *A. xylinum* TISTR 893 10% (v/v) ลงไป อุณหภูมิบ่มที่ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 14 วัน วิเคราะห์น้ำหนักวุ้นสวรรค์ที่ได้จากการหมักในสภาวะที่เหมาะสม ด้วยเครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง (Analytical balance (Mettler-Toledo, Thailand) ทำการทดลอง 3 ซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย

3.4 ศึกษาผลของพีเอช

ค่าพีเอชในอาหารเลี้ยงเชื้อจะมีผลต่อการเจริญของเชื้อเป็นอย่างมาก เนื่องจากพีเอชเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการสังเคราะห์เอนไซม์และการแบ่งเซลล์ งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมต่อการสร้างวุ้นสวรรค์ โดยจะเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสภาวะเหมาะสมจากข้อที่ 3.1-3.3 ปรับค่าพีเอชในอาหาร 4 ระดับ คือ 3.5 4.0 4.5 และ 5.0 ด้วยกรดอะซิติก จากนั้นทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วใส่หัวเชื้อ *A. xylinum* TISTR 893 10% (v/v) ลงไป นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 14 วัน ด้วยเครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง (Analytical balance (Mettler-Toledo, Thailand) ทำการทดลอง 3 ซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย

4. ขั้นตอนการเก็บเกี่ยววุ้นสวรรค์

ขั้นตอนการเก็บเกี่ยววุ้นสวรรค์ ทำตามวิธีการของ Somwong et al. (2025) โดยนำวุ้นสวรรค์มาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง นำไปแช่ต่อในน้ำสะอาด 2 ชั่วโมง และทำการเปลี่ยนน้ำจนครบ 6 รอบ จากนั้นนำไปต้มด้วยน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และนำมาล้างให้น้ำสะอาดอีก 1 ครั้ง เพื่อชะล้างกรดอะซิติกที่ติดมากับวุ้น และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดสอบขั้นตอนต่อไป

5. การผลิตวุ้นสวรรค์จากน้ำผลไม้และการเก็บผลผลิตที่ได้รับ

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 แบบ แบบที่ 1 คืออาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่น้ำลองกอง โดยเตรียมน้ำมะพร้าว 500 มิลลิลิตร ใส่น้ำลองกอง 30 % (v/v) และแอมโมเนียมฟอสเฟต 0.5 กรัม (w/v) แล้วใส่น้ำตาลกลูโคสปรับ

ให้มีค่าเท่ากับ 9 °Brix และปรับพีเอชในอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 4.0 ส่วนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบที่ 2 นั้นจะใส่น้ำมั่งคุด 10 % (v/v) ปรับความหวานให้เท่ากับ 12 °Brix ในน้ำมะพร้าวปริมาตร 500 มิลลิลิตร แอมโมเนียมฟอสเฟต 0.5 กรัม (w/v) พีเอช 4.0 นำอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ไปฆ่าเชื้อด้วยวิธีการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 นาที พักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วบรรจุใส่ขวดแก้วใสขนาด 5 × 13 เซนติเมตร เต็มหัวเชื้อ *A. xylinum* TISTR 893 10 % (v/v) ปิดฝาขวดด้วยผ้าขาวบาง และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 วัน จากนั้นทำการวิเคราะห์ลักษณะที่ปรากฏทางกายภาพของวุ้นสวรรค์ โดยจะเก็บเกี่ยววุ้นสวรรค์ตามขั้นตอนข้อที่ 4 จากนั้นนำวุ้นสวรรค์ที่ได้มาวางบนแผ่นกระดาษทิชชูเพื่อซับน้ำออกจนพื้นผิวด้านนอกของวุ้นสวรรค์แห้ง และนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง Analytical balance (Mettler-Toledo, Thailand) ส่วนการวัดค่าสี (L^* , a^* , b^*) ของวุ้นสวรรค์จะวิเคราะห์ด้วยระบบ CIE Lab scale ด้วยเครื่อง Handy colorimeter (ColorFlex Ez45/0L, USA) และวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงของเจล (Gel strength) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Ametek Brookfield CTX Texture Analyzer, Germany) ใช้หัววัดขนาด 12.7 มิลลิเมตร Cylinder probe (TA18 sphere) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

6. การประเมินผลทางสถิติ

การประเมินผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูป SPSS Version 16 เลือกวิธี one-way ANOVA และวางแผนการทดลองแบบ t-test และ CRD (Completely Randomized Design) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากผลการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นสวรรค์จากน้ำลองกองและน้ำมั่งคุด

1.1 ปริมาณความเข้มข้นของน้ำลองกองและน้ำมั่งคุดที่เหมาะสม

จากการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเข้มข้นของน้ำลองกองและน้ำมั่งคุดทั้งหมด 4 ระดับ 10 - 50 % (v/v) เพื่อผลิตวุ้นสวรรค์ โดยแบคทีเรีย *A. xylinum* TISTR 893 พบว่า ความเข้มข้นของน้ำลองกองปริมาตร 30 % (v/v) ผลิตวุ้นสวรรค์ได้มากที่สุดเท่ากับ 25.53 ± 0.11 กรัม/100 มิลลิลิตร ส่วนความเข้มข้นของน้ำมั่งคุดที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นสวรรค์เท่ากับ 10 % (v/v) ที่เชื้อสามารถนำไปใช้และผลิตวุ้นสวรรค์ได้สูงสุดเท่ากับ 23.24 ± 0.42 กรัม/100 มิลลิลิตร โดยวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของวัตถุดิบนั้นส่งผลต่อการผลิตปริมาณวุ้นสวรรค์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 1, a) ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อไปจะเลือกใช้ปริมาณความเข้มข้นของน้ำลองกองและน้ำมั่งคุดที่ 30% (v/v) และ 10 % (v/v) ตามลำดับ

1.2 ผลการศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) ที่เหมาะสม

จากการศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ น้ำลองกองและน้ำมั่งคุด โดยปรับความเข้มข้นของน้ำตาลเท่ากับ 6 9 12 และ 15 °Brix เพื่อผลิตวุ้นสวรรค์นั้น ผลการทดลองพบว่า วุ้นสวรรค์จากน้ำลองกองที่ความเข้มข้นของน้ำตาลเท่ากับ 9 °Brix สามารถผลิตวุ้นสวรรค์ได้สูงสุดเท่ากับ

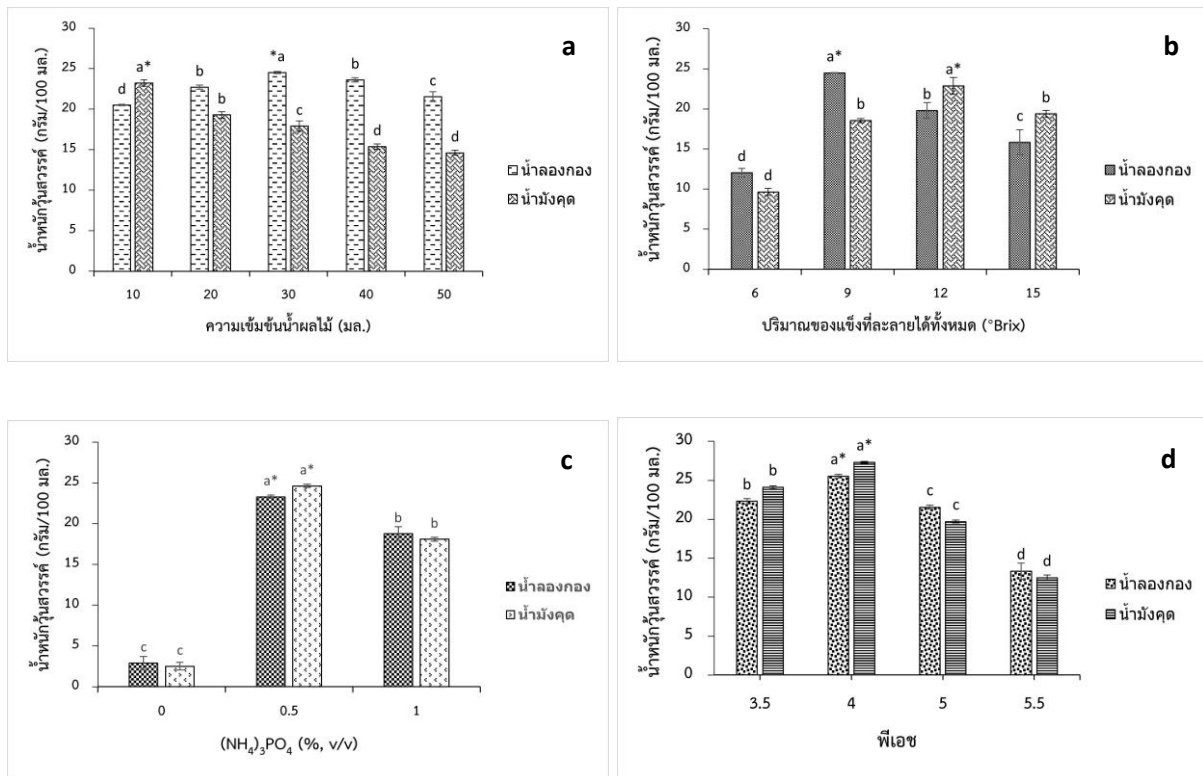
24.50±0.03 กรัม/100 มิลลิลิตร ในขณะที่การผลิตวุ้นสวรรค์จากน้ำมัจจุที่มีความหวานเท่ากับ 12 °Brix ให้ปริมาณวุ้นสวรรค์มากที่สุดเท่ากับ 22.90±1.04 กรัม/100 มิลลิลิตร (ภาพที่ 1, b) ตามลำดับ ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อไปจะเลือกกระดบความเข้มข้นของน้ำตาลที่ 9 และ 12 °Brix ตามลำดับ

1.3 ผลการศึกษาปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตที่เหมาะสม

จากการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแอมโมเนียมฟอสเฟตที่เติมลงไปใต้น้ำล่องกองและมัจจุในระดับ 0.5 และ 1.0 % (w/v) เพื่อผลิตวุ้นสวรรค์นั้น พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟต 0.5 % (w/v) ในน้ำล่องกองและน้ำมัจจุเหมาะสมสำหรับให้แบคทีเรียเจริญและสร้างวุ้นสวรรค์ได้สูงสุดเท่ากับ 23.29±0.20 กรัม/100 มิลลิลิตร และ 24.62±0.20 กรัม/100 มิลลิลิตร ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้เติมแอมโมเนียมฟอสเฟต ซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจน แบคทีเรียไม่สามารถเจริญได้ ส่งผลให้ไม่เกิดการผลิตวุ้นสวรรค์ แสดงใน (ภาพที่ 1, c) ซึ่งความเข้มข้นของแอมโมเนียมฟอสเฟต 0.5 % (w/v) นี้จะถูกใช้ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อขั้นตอนต่อไป

1.4 ผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสม

จากการศึกษาค่าพีเอชของอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตวุ้นสวรรค์จากน้ำล่องกองและน้ำมัจจุ โดยเปรียบเทียบค่าพีเอชในระดับ 3.5 4.0 4.5 และ 5.0 ภายหลังจากการหมักโดย *A. xylinum* TISTR 893 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 14 วัน พบว่า เชื้อสามารถผลิตวุ้นสวรรค์ได้มากที่สุดในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.0 วิเคราะห์จากน้ำหนักของวุ้นสวรรค์ได้เท่ากับ 25.53±0.22 และ 27.31±0.10 กรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 1, d) ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อที่ปรับค่าพีเอชน้อยกว่า 4.0 และมากกว่า 4.0 แบคทีเรียสามารถผลิตวุ้นสวรรค์ลดลงโดยน้ำหนักที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้น การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อในครั้งต่อไปจะปรับค่าพีเอชเท่ากับ 4.0



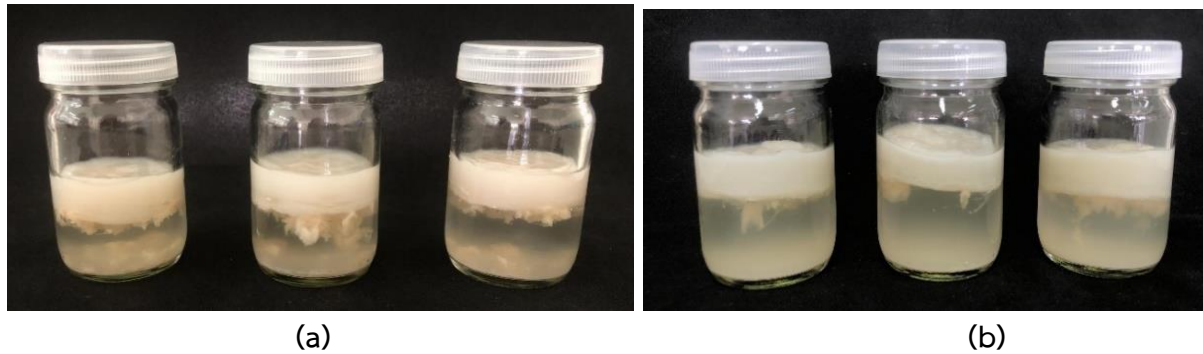
abc different letters in a column are significantly different level ($p < 0.05$)

ภาพที่ 1 ผลของปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างวุ้นสวรรค์โดย *A. xylinum* TISTR 893 ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสม หลังจากบ่มในระยะเวลา 14 วัน (a) ปริมาณความเข้มข้นของน้ำลองกองและน้ำมังคุด (b) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (c) ปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟต และ (d) พีเอช

2. วิเคราะห์ผลผลิตที่ได้รับ

ผลการศึกษาคุนภาพของวุ้นสวรรค์จากน้ำลองกองและน้ำมังคุดที่ผลิตโดย *A. xylinum* TISTR 893 หลังจากกระบวนการหมัก 14 วัน ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสม แสดงใน ภาพที่ 2 และ ตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณวุ้นสวรรค์ของน้ำลองกองเท่ากับ 30.64 ± 0.56 กรัม/100 มิลลิลิตร และน้ำมังคุดเท่ากับ 30.54 ± 0.36 กรัม/100 มิลลิลิตร โดยผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากผลไม้ทั้ง 2 ชนิดนี้ มีน้ำตาลฟรักโทสเป็นองค์ประกอบและในอาหารเลี้ยงเชื้อมีการเติมกลูโคสเพื่อปรับความหวานก่อนหมักเหมือนกัน จึงทำให้การสร้างปริมาณวุ้นสวรรค์ได้ผลใกล้เคียงกัน (Khemacheewakul, 2017) เมื่อวิเคราะห์ทางกายภาพของวุ้นสวรรค์ทั้งสองชนิด โดยวิเคราะห์จากการวัดค่าสี L^* , a^* , b^* โดยค่า L^* บ่งบอกความสว่าง คือ 0-100 (ดำ-สว่าง) ค่า (a^+) บ่งบอกค่าสีแดง ส่วน (a^-) บ่งบอกค่าสีเขียว ส่วน (b^+) หมายถึงค่าสีเหลือง และ (b^-) หมายถึงค่าสีน้ำเงิน ซึ่งผลการทดลองของวุ้นสวรรค์จากน้ำลองกองมีค่าสี L^* , a^* , b^* เท่ากับ 45.17 ± 0.05 , 12.15 ± 0.04 และ 35.51 ± 0.10 ตามลำดับ ในขณะที่วุ้นสวรรค์จากน้ำมังคุดมีค่าสี L^* เท่ากับ 50.61 ± 0.06 ซึ่งมากกว่าวุ้นสวรรค์จากน้ำลองกอง เนื่องจากวุ้นมีสีขาวกว่า และค่า a^* เท่ากับ 40.15 ± 0.03 และค่า b^* เท่ากับ -10.25 ± 0.06 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในวุ้นสวรรค์

น้ำลองกองและน้ำมังคุด พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ 6.31 ± 0.10 และ 6.17 ± 0.42 °Brix และคุณภาพของเนื้อสัมผัส Gel strength ของวันสวรค์ทั้งสองชนิดพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันเช่นกัน โดยวันสวรค์จากน้ำลองกองเท่ากับ 33.56 ± 0.15 และ 33.63 ± 0.47 นิวตัน ตามลำดับ



ภาพที่ 2 วันสวรค์ที่ผลิตโดยแบคทีเรีย *A. xylinum* TISTR 893 ในน้ำลองกอง (a) และ น้ำมังคุด (b)

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของวันสวรค์น้ำลองกองและน้ำมังคุด

คุณภาพ	น้ำลองกอง	น้ำมังคุด
สี		
L*	45.17 ± 0.05	50.61 ± 0.06
a*	12.15 ± 0.04	40.15 ± 0.03
b*	35.51 ± 0.10	-10.25 ± 0.06
น้ำหนักวันสวรค์ (กรัม/100 มิลลิลิตร)	30.64 ± 0.56	30.54 ± 0.36
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	6.31 ± 0.10	6.17 ± 0.42
Gel strength (นิวตัน)	33.56 ± 0.15	33.63 ± 0.47

± average of standard deviation

L*: Lightness, axis shows L = 0 (black or total absorption) at the bottom

a*: Red/Green Value, (+) movement represents a shift toward red, (-) movement represents a shift toward green

b*: Blue/Yellow Value, (+) movement represents a shift toward yellow, (-) movement represents a shift toward blue

อภิปรายผล

จากการทดลองผลิตวันสวรค์จากน้ำลองกองและน้ำมังคุด โดยเชื้อ *A. xylinum* TISTR 893 พบว่าน้ำลองกองที่ความเข้มข้น 30 % (v/v) เชื้อสามารถผลิตวันสวรค์ได้ดี เนื่องจากในลองกองนั้นมีปริมาณน้ำตาลสูง (Huang et al., 2021) ทำให้เชื้อสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อการเจริญเติบโตและผลิตเซลลูโลสเป็นผลิตภัณฑ์ได้ ส่วนน้ำมังคุดพบว่า การใช้ความเข้มข้น 10 % (v/v) เชื้อจะผลิตเซลลูโลสดีกว่าการใช้ปริมาณความเข้มข้นสูง ๆ เนื่องจากน้ำมังคุดมีค่าพีเอชเท่ากับ 2.8-3.1 ซึ่งจะมีรสชาติหวานอมเปรี้ยวกว่า

น้ำลองกอง (Matan et al., 2024) และการทดลองยังพบว่า หากใช้ปริมาณน้ำมั่งคุดที่มีความเข้มข้นมากกว่า 10% (v/v) ความเป็นกรดในผลไม้จะส่งผลต่อการเจริญของแบคทีเรียและการสร้างเซลลูโลสได้

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตวันสวรรค ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำผลไม้ ปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟตที่เหมาะสม พีเอชในอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่า การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อน้ำลองกอง และน้ำมั่งคุด ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) เท่ากับ 9 - 12 °Brix นั้น จะส่งเสริมการเจริญของ เชื้อและสร้างเซลลูโลสได้สูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Promwongpo et al. (2018) ที่ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการหมักเพื่อผลิตเซลลูโลสด้วย *A. xylinum* TISTR 975 จากน้ำมะม่วงสุกสายพันธุ์ น้ำดอกไม้พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในช่วง 8-10 °Brix แบคทีเรียจะสร้างเซลลูโลสได้ดีที่สุด และรายงานของ Bunyakorn (2017) ที่ศึกษาการผลิตวันสวรรคเพื่อการแปรรูปเครื่องดื่มน้ำฟักข้าวพบว่า ปริมาณน้ำตาล 6-10 °Brix เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรีย *A. xylinum* และผลิตวันสวรรคได้มากกว่า การใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลที่ระดับอื่น ซึ่งมีการรายงานว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถใช้แหล่งคาร์บอนที่มี คาร์บอนอะตอมทั้ง C5 และ C6 ได้ เช่น กลูโคส ฟรักโทส มอลโทส ซาโลส สตาร์ช และ กลีเซอรอล (Khemacheewakul, 2017)

อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีการเติมแอมโมเนียมฟอสเฟตที่เป็นแหล่งไนโตรเจนให้แบคทีเรียใช้ในการ เจริญเติบโต พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เติมแอมโมเนียมฟอสเฟตปริมาณ 0.5-1.0 % (w/v) แบคทีเรียจะสร้างวัน สวรรคได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้เติมแหล่งไนโตรเจน เนื่องจาก *A. xylinum* มีกระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจน โดยจะใช้ฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการเปลี่ยนพลังงานที่อยู่ใน รูป ADP เป็น ATP ในกระบวนการไกลโคไลซิส (Moat et al., 2002) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Promwongpo et al. (2018) ที่พบว่า การเติมแหล่งไนโตรเจนที่มีแอมโมเนียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.5 % (w/v) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ส่งเสริมให้แบคทีเรียเจริญและผลิตเซลลูโลสได้สูงสุด และรายงานวิจัยของ Samappito et al. (2023) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเซลลูโลสจากปลายข้าวเหนียวดำ ซึ่งพบว่าการ เติมแอมโมเนียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.5 % (w/v) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ จะทำให้เชื้อผลิตเซลลูโลสได้สูงสุด และการเติมสารประกอบแหล่งไนโตรเจนที่ระดับความเข้มข้น 0.5-0.6 % (w/v) นั้น เหมาะสมต่อการเจริญ ของแบคทีเรีย *A. xylinum* ซึ่งจะช่วยเร่งกระบวนการหมักวันสวรรคได้เร็วกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้เติมแหล่ง ไนโตรเจน (Panesar et al., 2009) นอกจากนี้ มีงานวิจัยที่พบว่า หากเติมปริมาณแอมโมเนียมฟอสเฟต มากกว่า 1.0 % (w/v) จะส่งผลให้แบคทีเรียผลิตเซลลูโลสลดลง เนื่องจากปริมาณแหล่งไนโตรเจนที่มากเกินไป แบคทีเรียจะนำไปใช้ทั้งในกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์และใช้ในการเพิ่มจำนวนเซลล์ ส่งผลให้การใช้ แหล่งไนโตรเจนเพื่อสร้างเซลลูโลสลดลงได้ (Panesar et al., 2009; Zahan et al., 2014)

จากการศึกษาผลของพีเอชที่จะส่งผลต่อการผลิตวันสวรรค พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อน้ำลองกองและน้ำ มั่งคุดที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.0 นั้น เชื้อเจริญเติบโตได้ดีและสร้างวันสวรรคได้สูงสุด ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อที่ ปรับค่าพีเอชน้อยกว่าหรือมากกว่า 4.0 จะส่งผลให้แบคทีเรียผลิตวันสวรรคลดลง เนื่องจากในระหว่างกระบวนการ หมักค่าพีเอชในอาหารจะลดลงกว่าเดิม เนื่องจากแบคทีเรียจะผลิตกรดกลูโคนิก กรดแอซิดิก และกรดแลคติก ส่งผลให้การผลิตวันสวรรคลดลง ความเข้มข้นของพีเอชในอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่จะส่งผลต่อ

กระบวนการหมักวันสวรรค เนื่องจากค่าพีเอชที่ต่ำหรือสูงเกินไปจะทำให้เอนไซม์เสียสภาพ และจะขัดขวางการไหลของอิเล็กตรอนไปยังสารตั้งต้นที่จำเป็นต่อการสร้างเซลลูโลสในกระบวนการเมทาบอลิซึมของแบคทีเรีย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Samappito et al. (2023) ที่เปรียบเทียบค่าพีเอชในอาหารเลี้ยงเชื้อจากปลายข้าวเหนียวดำ เพื่อให้ *A. xylinum* เพื่อผลิตวันสวรรค พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่ปรับค่าพีเอช 4.0 เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญและการสร้างวัน เช่นเดียวกับรายงานผลการทดลองของ Promwongpo et al. (2018) ที่พบว่า *A. xylinum* เจริญได้ดีและสร้างวันได้มากที่สุดเมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื่อน้ำมะม่วงที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.0 โดยปริมาณกรดที่มากขึ้นหรือกรดลดลงนั้น จะเกี่ยวข้องต่อการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการเมทาบอลิซึมของแบคทีเรียและส่งผลกระทบต่อการผลิตเซลลูโลส (Lestari et al., 2014) และ Raghunathan (2013) รายงานว่าพีเอชที่อยู่ในช่วง 4.0-6.0 นั้นมีความเหมาะสมต่อการเจริญของ *A. xylinum* เพื่อผลิตเซลลูโลสได้ดี

คุณภาพของวันสวรรคจากน้ำลองกองและน้ำมังคุดที่ผลิตโดย *A. xylinum* TISTR 893 หลังจากกระบวนการหมัก 14 วัน ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสม พบว่าวันสวรรคจากน้ำลองกองจะมีสีเข้มกว่าวันสวรรคจากน้ำมังคุด (L^*) เนื่องจากผลลองกองสุกจะมีสีน้ำตาลอมเหลือง ส่วนผลมังคุดจะมีสีขาวนวล ส่งผลให้วันสวรรคที่ได้มีสีต่างกัน เมื่อวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดพบว่า วันสวรรคทั้ง 2 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากในผลไม้ทั้งสองชนิดนี้มีส่วนประกอบของน้ำตาล 3 ชนิดได้แก่ ฟรุคโตส กลูโคส และซูโครส ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลเท่ากับ 14-37 % (w/w) (Huang et al., 2021; Sealee et al., 2024) ส่วนคุณภาพของเนื้อสัมผัส Gel strength พบว่ามีค่าใกล้เคียงเช่นกัน โดยวันสวรรคจากน้ำลองกองเท่ากับ 33.56 ± 0.15 และ 33.63 ± 0.47 นิวตัน ตามลำดับ โดยทั่วไปวันสวรรคจะนิยมผลิตจากน้ำมะพร้าวเป็นวัตถุดิบหลักเพียงอย่างเดียวเนื่องจากมีสารอาหารและแหล่งคาร์บอนที่จำเป็นต่อการเจริญของแบคทีเรียเพื่อผลิตวันสวรรค (Lapuz et al., 1967) แต่เมื่อนำมาผสมกับน้ำลองกองหรือน้ำมังคุดจะยังส่งผลให้การสร้างเซลลูโลสได้มากขึ้น เพราะในลองกองและมังคุดมีสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม และแมกนีเซียม (Yang et al., 2021; Yao et al., 2021) ซึ่งอาจจะช่วยส่งเสริมให้แบคทีเรียนำไปใช้ในการเจริญและสร้างเซลลูโลสได้ดีขึ้น นอกจากนี้ในลองกองและมังคุดมีสารสำคัญที่ช่วยด้านการอักเสบ สารต้านอนุมูลอิสระ และสารต้านมะเร็ง (Aukkanimart et al., 2015; Zeng et al., 2024) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dejsungkranont (2018) รายงานว่า *A. xylinum* ผลิตวันสวรรคจากเปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อสีแดง ได้ปริมาณเซลลูโลสปริมาณ 28.86-49.87 กรัม แสดงค่าสี L มากกว่า a เนื่องจากวันสวรรคมีสีม่วงอมดำ ซึ่งเป็นผลจากการสะสมรงควัตถุของบีตาไซยานินไว้ในแผ่นวัน และมีปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด 10°Brix และงานวิจัยของ Somwong et al. (2025) รายงานว่า วันสวรรคที่ผลิตจากกากลูกหม่อนให้ปริมาณเท่ากับ 19.5 ± 0.19 กรัม/100 มิลลิลิตร ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ $9.20 \pm 0.17^\circ \text{Brix}$ ให้ค่าสีแดง (a) มากกว่าวันสวรรคจากน้ำมะพร้าว และวัดความแข็งแรงเจลได้เท่ากับ 28.27 ± 0.35 นิวตัน ซึ่งจากการรายงานทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าการผลิตวันสวรรคโดย *A. xylinum* โดยใช้วัตถุดิบที่เหลือทิ้งในธรรมชาติชนิดอื่นๆสามารถทำได้ นอกจากจะเป็นวิธีการแปรรูปอย่างหนึ่งเพื่อเพิ่มมูลค่าแล้ว ยังสามารถสร้างผลิตภัณฑ์วันสวรรคที่มีรสชาติใหม่ ๆ ได้

สรุป

จากการทดลองการผลิตวุ้นสวรรค์จากน้ำลองกองและน้ำมังคุดที่มีคุณภาพต่ำ โดยแบคทีเรีย *A. xylinum* TISTR 893 พบว่าเชื้อสามารถเจริญได้ดี ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเข้มข้นของน้ำลองกอง 30 % (v/v) และในน้ำมังคุด 10 % (v/v) ที่ผสมในน้ำมะพร้าว นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยต่างๆส่งผลต่อการเจริญของเชื้อและการสร้างเซลลูโลสได้เช่นกัน โดยอาหารเลี้ยงเชื้อที่เติมน้ำตาลให้มีปริมาณ Total soluble solid เท่ากับ 9 และ 12 °Brix แอมโมเนียมฟอสเฟต 0.5% (w/v) และปรับพีเอชเท่ากับ 4.0 นั้นจะช่วยส่งเสริมให้เชื้อเจริญดีและสร้างปริมาณเซลลูโลสได้สูงสุด นอกจากนี้ วุ้นสวรรค์ที่ผลิตจากน้ำลองกองและน้ำมังคุดจะมีสีและกลิ่นรสผลไม้ ซึ่งแตกต่างจากวุ้นสวรรค์ที่ทำมาจากน้ำมะพร้าวอย่างเดียว จึงทำให้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ น่าสนใจสำหรับอาหารว่างของคนรักสุขภาพ และในอนาคตจะพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์ลองกองและมังคุด ผสมกับโยเกิร์ตหรือเครื่องดื่ม เพื่อให้รับประทานง่ายและเป็นการสร้างมูลค่าให้กับผลไม้ในท้องถิ่น

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทดลองนี้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการสร้างวุ้นสวรรค์และคุณภาพของวุ้นสวรรค์ที่ได้จากน้ำลองกองและน้ำมังคุดเท่านั้น ในวิจัยครั้งหน้าผู้วิจัยควรทำการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผู้บริโภคชิมและประเมินคะแนนความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์ที่ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมี และ ห้องปฏิบัติการสำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

รายการอ้างอิง (References)

- Aukkanimart, R., Boonmars, T., Sriraj, P., Songsri, J., Laummaunwai, P., Waraasawapati, S., Boonyarat, C., Rattanasuwan, P., & Boonjaraspinyo, S. (2015). Anthelmintic, anti-inflammatory and antioxidant effects of *Garcinia mangostana* extract in hamster opisthorchiasis. *Experimental Parasitology*, 154(10), 5-13. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2015.03.007>
- Bunyakorn, M. (2017). Production of Nata de Coco for processing of a gac drink mixed with nata de coco and dehydrated sweetened nata de coco. *KKU Science Journal*, 45(3), 501 - 512. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/KKUSciJ/article/view/249727>

- Chawla, P.R., Bajaj, I.B., Survase, S.A., & Singhal, R.S. (2009). Microbial cellulose: fermentative production and applications. *Food Technology and Biotechnology*, 47(2), 107 - 124. <https://ftb.com.hr/archives/212-microbial-cellulose-fermentative-production-and-applications>
- Dejsungkranont, M. (2018). A study on the optimum condition for bacterial cellulose production from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose) using response surface methodology. *Khonkaen Agricultural Journal*, 46(2), 213 - 226. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj/article/view/250058>
- Huang, H., Li, Mingxing., Wang, Yi., Wu, Xiaoxiao., Shen, Jing., Xiao, Zhangang., Zhao, Yueshui., Du, Fukuan., Chen, Yu., Wu, Zhigui., Ji, Huijiao., Zhang, Chunyuan., Li, Jing., Wen, Qinglian., Kaboli, P.J., Cho, H. C., Wang, S., Wang, Y., He, Y., & Wu, Xu. (2021). Excessive intake of longan arillus alters gut homeostasis and aggravates colitis in mice. *Frontier in Pharmacology*, 12, 640417. <https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2021.640417/full>
- Jaturapiree, A., Chaichana, E., Saowapark, T., Chuenpraphai, B., & Jaturapiree, P. (2019). Production and characterization of bacterial cellulose produced by *Acetobacter xylinum* TISTR 975 from pineapple peel juice. *RMUTP Research Journal*, 13(1), 180 - 192. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/RMUTP/article/view/142843/133373>
- Kaewruksa, K.C., & Lungmann, P. (2018). Product development of jelly from longkong falling grade. (*Lansium domesticum*, Corr.). *Burapha Science Journal*, 23(2), 767 - 778. <https://scijournal.buu.ac.th/index.php/sci/article/view/1922>
- Khemacheewakul, J. (2017). Factors affecting production of cellulose by *Acetobacter* sp. and fermentation technology. *RMUTSB Academic Journal*, 5(1), 91-103. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsb-sci/article/view/99825>
- Lapuz, M.M., Gallardo, E.G., & Palo, M.A. (1967). The nata organism cultural requirements, characteristics and identity. *Philippine Journal of Science*, 96(2), 91 - 108. https://philjournalsci.dost.gov.ph/wp-content/uploads/2025/09/PJS_Vol_97_No_2_Jun_1968.pdf
- Lestari, P., Elfrida, N., Suryani, A., & Suryadi, Y. (2014). Study on the production of bacterial cellulose from *Acetobacter xylinum* using agro-waste. *Jordan Journal of Biological Science*, 7(1), 75 - 80. <https://jjbs.hu.edu.jo/files/v7n1/binder7n1.pdf>

- Matan, N., Kongchoosi, N., Sinthupachee, A., & Chaidech, P. (2024). Nutritional and bioactive compound analysis of mangosteen fruit in hill and flat land plantations, during both the season and off-season, in provinces along the gulf of Thailand and the Andaman Sea. *NFS Journal*, 36, 100182. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2024.100182>
- Moat, A. G., Foster, J. W. & Spector, M. P. (2002). *Microbial Physiology* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Panesar, P.S., Chavan, Y.V., Bera, M.B., Chand, O., & Kumar, H. (2009). Evaluation of *Acetobacter* strain for the production of microbial cellulose. *Asian Journal of Chemistry*, 21(10), 99 - 102. https://www.researchgate.net/publication/237311423_Evaluation_of_Acetobacter_Strain_for_the_Production_of_Microbial_Cellulose
- Phromthep, K., Katakul, S., Tokhamolthom, J., Thaisong, N.P., & Thaweeseang, N. (2018). Production of bacterial cellulose from mangosteen pericarp juice. *RMUTP Research Journal*, 9(2), 169 - 177.
- Promwongpo, C., Yokhanit, W., & Khemacheewakul, J. (2018). A study of the optimal fermentation conditions for Nata de Coco production by *Acetobacter xylinum* TISTR 975 from Mango juice. *KMUTT Research and Development Journal*, 40(2), 271-282.
- Ranghunathan, D. (2013). Production of Microbial Cellulose from the new bacterial strain isolated from temple wash water. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2(12), 275 - 290. <https://ijcmas.com/vol-2-12/D.Raghunathan.pdf>
- Saelee, N., Castro, M. R., Panpipat, W., & Chaijan, M. (2024). Nutritional characterization of whole Mangosteen pulp with seeds and Its application as an alternate functional ingredient in crackers. *Foods*, 13, 2987. <https://doi.org/10.3390/foods13182987>
- Samappito, J., Boonchalad, P. & Tabthaisong, O. (2023). The production of bacterial cellulose from sweet fermented broken black glutinous rice. *The Journal of KMUTNB*, 33(2), 248-562. <https://ojs.kmutnb.ac.th/index.php/kjournal/article/view/5036>
- Somwong, T., Deenamo, N., & Wathanayon, W. (2025). A study on the optimum conditions for producing bacterial cellulose and its antioxidant properties from mulberry pomace by *Acetobacter xylinum*. *Recent Science and Technology*, 17(3), 262167.
- Yang, E.Y., Han, Y.S., & Sim, K.H. (2021). Characterization of nutritional, physiochemical and mineral compositions of aril and seed of longan fruit (*Dimocarpus longan* L.). *International Food Research Journal*, 28(1), 91 - 101. <https://doi.org/10.47836/ifrj.28.1.09>

- Yao, L.S., Solihin, M.I., Chompoorat, P., Ying, L.L., & Phing, P.L. (2021). Quality assessment of mangosteen in different maturity stages by hand-held near-infrared spectroscopy. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 25(5), 751-765. https://mjas.analis.com.my/mjas/v25_n5/pdf/Low_25_5_5.pdf
- Zahan, K.A., Pae, N., & Muhamad, I.I. (2014). Process Parameters for fermentation in a rotary disc reactor for optimum microbial cellulose production using response surface methodology. *Bio Resources*, 9(1), 1858 - 1872. https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2016/06/BioRes_09_2_1858_Zahan_PM_Process_Parameters_Fermentation_RDR_4976.pdf
- Zeng, S., Wang, K., Liu, X., Hu, Z., & Zhao, L. (2024). Potential of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) in functional food: A review of molecular mechanism-directing health benefit properties. *Food Chemistry*, 437(1), 137812. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137812>