

การพัฒนาการผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรร

ปุณยนุช นิลแสง^{1,2*} จิตติมา กอหรั่งกุล²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรร 4 ชนิด ได้แก่ กระจชชย (*Boesenbergia pandurata* (Roxb.)) มะรุม (*Moringa oleifera* Lam.) ตะไคร้ (*Cymbopogon citrates* (DC.) Stapf) และขิง (*Zingiber officinale* Vern.) โดยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter xylinum* โดยมีการศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำมะพร้าวและน้ำสมุนไพรรที่เหมาะสมในด้านคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพของแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผลิตได้ ดังนี้ สูตรที่ 1 น้ำมะพร้าว 100% สูตรที่ 2 น้ำมะพร้าว 75%: น้ำสมุนไพรร 25% สูตรที่ 3 น้ำมะพร้าว 50%: น้ำสมุนไพรร 50% สูตรที่ 4 น้ำมะพร้าว 25%: น้ำสมุนไพรร 75% ทำการเลี้ยงเชื้อในกล่องพลาสติกเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิห้อง ผลการวิจัยพบว่าความหนาและการทนเคี้ยวของเซลลูโลสลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำสมุนไพรร และสูตรน้ำมะพร้าว 75%: น้ำสมุนไพรร 25% จากน้ำมะรุมให้ความหนาสูงสุดที่ 1.29 ± 0.01 เซนติเมตร รองลงมาคือ น้ำตะไคร้ น้ำกระจชชย และน้ำขิง ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณชีวมวลประกอบด้วย ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมันและเยื่อใย พบว่าแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรรแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อทำการวิเคราะห์หัตถ์ด้านอนุมูลอิสระพบว่ามีความเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณน้ำสมุนไพรรในแบคทีเรียเซลลูโลสมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ อย่างไรก็ตามสูตรที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คือสูตรน้ำมะพร้าว 75%: น้ำสมุนไพรร 25% และแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำตะไคร้ได้คะแนนการยอมรับสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพทางด้านกายภาพและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนวันมะพร้าว มผช.341/254

คำสำคัญ : แบคทีเรียเซลลูโลส น้ำสมุนไพรร *Acetobacter xylinum*

¹หลักสูตรวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์
จังหวัดปทุมธานี e-mail: poonyanuch@vru.ac.th

²หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์จังหวัดปทุมธานี e-mail: jittima@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: poonyanuch@vru.ac.th

DEVELOPMENT OF BACTERIAL CELLULOSE PRODUCTION FROM HERBAL JUICES

Poonyanuch Nilsang^{1,2*} Jittima Kholungkul²**Abstract**

The objective of this research was to develop the bacterial cellulose production from four herbal juices including Galingale (*Boesenbergia pandurata* (Roxb.)), Moringa (*Moringa oleifera* Lam.), Lemon grass (*Cymbopogon citrates* (DC.) Stapf) and Ginger (*Zingiber officinale* Vern.). The bacterial celluloses were produced by using *Acetobacter xylinum* TISTR975 and investigated the optimal amount of coconut juice and juice. Four recipes including 1) coconut juice 100%, 2) coconut juice 75%: herbal juice 25%, 3) coconut juice 50%: herbal juice 50% and 4) coconut juice 25%: herbal juice 75% were evaluated the physical, chemical, microbiological properties. Bacterial cellulose was produced in plastic box containing culture medium for 10 days at room temperature. The results showed that thickness and firmness were decreased when amount of herbal juice increased significantly. The highest thickness was gained from ratio of 75% of coconut juice: 25% of herbal juice. Bacterial cellulose from Moringa juice has highest thickness (1.29 ± 0.01 cm.) follow by Lemon grass, Galingale and Ginger, respectively. Proximate analysis including moisture, ash, fat, protein and fiber were investigated and revealed that their were not significantly different ($p > 0.05$) in all recipes. For antioxidant analysis, the result revealed that increasing amount of herbal juice was significantly increased % DPPH ($p \leq 0.05$). However, the ratio of coconut juice: herbal juice at 75:25 was selected as a recipe for produced bacterial cellulose. The sensory evaluation of the finish products were also done by 35 panelist and result showed that bacterial cellulose from Lemon grass juice has highest score of overall acceptability. Moreover, the physical and microbiological properties of the bacterial cellulose from herbal juice in this study were accepted base on the Thai community product standard (341/2547).

Keywords : Bacterial cellulose, Herbal juice, *Acetobacter xylinum*

¹Science Education Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: suthasinee@vru.ac.th

²Biotechnology Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: jittima@vru.ac.th

* Corresponding author, email: suthasinee@vru.ac.th

บทนำ

ประเทศไทยจัดได้ว่ามีความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืชสมุนไพรมาก มีการนำมาใช้รักษาโรคแผนโบราณและมีการจดเป็นตำรับที่ถ่ายทอดภูมิปัญญามาหลายยุคสมัย ความหลากหลายของสมุนไพรไทยทำให้เกิดยารักษาโรค มีการสกัดไปทำเป็นตัวยารักษาโรคแผนปัจจุบัน มีการสกัดทำเป็นเม็ดแคปซูลขายทั่วไปโดยไม่มีฉลากชัดเจน ทำให้ความนิยมรับประทานสมุนไพรอยู่ในวงแคบและเป็นการรักษาที่ไม่ทันสมัยหรือไม่น่าเชื่อถือในประสิทธิภาพ แม้ในปัจจุบันกระแสการรักษาโรคโดยการทานสมุนไพร การรักษาด้วยวิธีชีววิถีจะเข้ามามีอิทธิพลต่อคนไทยมากขึ้น แต่รู้ปลักษณ์ในการใช้ยาสมุนไพรยังเป็นแบบค่อนข้างโบราณ หรือต้องรับประทานในปริมาณที่มากจึงจะได้ผลซึ่ง ผู้ป่วยหรือผู้ที่สนใจทานมักจะท้อตั้งแต่เริ่มต้น การประยุกต์ใช้สมุนไพรให้คนรับประทานได้ง่ายขึ้น เช่นในรูปแบบผลิตภัณฑ์ผงเพื่อเป็นอาหารเสริมสุขภาพ (Nilsang, 2018) จึงเป็นแนวคิดที่น่าสนใจ เพราะนอกจากสมุนไพรจะมีคุณสมบัติในการรักษาแล้ว บางชนิดยังมีสรรพคุณในการป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ อีกประการหนึ่งคือในด้านการรักษาสุขภาพ เนื่องจากปัจจุบันการรับประทานผักลดลง ทำให้ขาดไฟเบอร์หรือเส้นใยช่วยในการขับถ่าย ทำให้คนในสังคมเมืองประสบปัญหาด้านท้องผูกหรือเป็นมะเร็งลำไส้เพิ่มขึ้น

แบคทีเรียเซลลูโลส เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการหมักจากกิจกรรมแบคทีเรียในสกุล *Acetobacter xylinum* สร้างขึ้นโดยใช้น้ำมะพร้าวและน้ำตาลทรายเป็นแหล่งอาหาร ได้เส้นใยละลายของเซลลูโลสที่อยู่ในรูปของเจลที่เรียกว่า cellulose microfiber ลักษณะของวุ้นที่ได้เป็นเยื่อเหนียว มีสีขาวหรือครีม มีชื่อทั่วไปว่าวุ้นสวรรค์หรือวุ้นมะพร้าว (Nata de coco) ซึ่งงานวิจัยเพื่อพัฒนาการผลิตวุ้นสวรรค์มีมากมายเพื่อให้ได้ผลผลิตมากขึ้น อีกทั้งยังมีการศึกษาหาแหล่งคาร์บอนอื่นมาทดแทนน้ำมะพร้าว เช่น เปลือกผลไม้ ได้แก่ น้ำคั้นจากเปลือกและแกนสับปะรด (พัฒนพงษ์ วันจันทร์, 2543) กากน้ำตาล (กาญจนา ชินสำราญและฤทัยรัตน์ สุทธิสุวรรณ, 2558; Keshk et al., 2006) ผลผลิตทางการเกษตร (วิจิตร ใหมจันทร์และคณะ, 2555) น้ำผลไม้ (Kurosumi et al., 2009) แก้วมังกร (เกรียงไกร พัททยานและคณะ, 2558) ฟักข้าว (Nilsang, 2017) ของเสียจากอุตสาหกรรมการเกษตร (Castro et al., 2011) เวย์ (กิ่งแก้ว เจริญพรสุข, 2547) และสาหร่ายทะเล (Taruc-Dumadaug et al., 2012; Wenno et al., 2015) เป็นต้น

งานวิจัยนี้จึงผนวกความสำคัญของไฟเบอร์ของแบคทีเรียเซลลูโลส ที่มีคุณสมบัติที่ย่อยได้ง่ายเข้ากับน้ำสมุนไพรของไทยที่มีสรรพคุณในการบำบัดหรือรักษาโรค ได้แก่ กระชาย (*Boesenbergia pandurata* (Roxb.)) มะรุม (*Moringa oleifera* Lam.) ตะไคร้ (*Cymbopogon citrates* (DC.) Stapf) ชิง (*Zingiber officinale* Vern.) นำมาแปรรูปเพื่อให้รับประทานได้ง่าย สามารถรับประทานได้เป็นอาหารว่าง หรือของหวานระหว่างมื้อ สามารถเป็นแนวทางให้เกิดการพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่กระชาย (*Boesenbergia pandurata* (Roxb.)) มะรุม (*Moringa oleifera* Lam.) ตะไคร้ (*Cymbopogon citrates* (DC.) Stapf) และชิง (*Zingiber officinale* Vern.)

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมหัวเชื้อ

นำน้ำมะพร้าวแก่ผสมกรดอะซิติกในอัตราส่วน 1% (v/v) ปรับ pH เป็น 4.5 นำไปต้มให้เดือด เติมน้ำตาลซูโครสในปริมาณ 5 % (w/v) และแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5% (w/v) แบ่งใส่ขวดปากแคบขวดละ 150

มิลลิเมตร ปิดปากขวดด้วยจุกสำลีแล้วนำไปฆ่าเชื้อที่ 110 องศาเซลเซียส 15 นาที เมื่ออาหารเย็นตัวลง ใส่หัวเชื้อ วันมะพร้าว *Aceatbacter xylinum* TISTR975 ขวดละ 10% (v/v) บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3-5 วัน สังเกต พบชั้นวุ้นอยู่ด้านบนของอาหารเลี้ยง ส่วนใสมากสามารถนำไปใช้ในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

การเตรียมน้ำสมุนไพรมะพร้าว

น้ำตะไคร้ ใช้ตะไคร้ส่วนต้น 200 กรัมมาล้างให้สะอาด หั่นเป็นท่อนสั้น ทูบให้แตก น้ำขิง ใช้แง่งขิงแก่ 100 กรัม ล้างน้ำให้สะอาด ทูบพอแตก น้ำกระชาย ใช้ส่วนแง่งของกระชายเหลือง 100 กรัม ชูดเปลือกบางออก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำปั่นให้ละเอียด น้ำมะรุม ใช้ส่วนของใบมะรุมสด 200 กรัมล้างให้สะอาดหั่นเป็นท่อนปั่นในเครื่องปั่นให้ละเอียด สมุนไพรมะพร้าวแต่ละชนิดนำมาต้ม ต้มในน้ำเดือด 1 ลิตรปิดฝาหม้อทิ้งไว้ 2-3 นาที กรองเอากากออกด้วยผ้าขาวบาง พักให้เย็นสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในการทำแบคทีเรียเซลลูโลสต่อไป

การผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมะพร้าว

การผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมะพร้าวทั้ง 4 ชนิด จะแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ซึ่งมีการปรับอัตราส่วนของน้ำมะพร้าวแก่ กับน้ำสมุนไพรมะพร้าวแต่ละชนิดดังต่อไปนี้

Treatment 1 น้ำมะพร้าว 100% (Control)

Treatment 2 น้ำมะพร้าว 75% : น้ำสมุนไพรมะพร้าว 25%

Treatment 3 น้ำมะพร้าว 50% : น้ำสมุนไพรมะพร้าว 50%

Treatment 4 น้ำมะพร้าว 25% : น้ำสมุนไพรมะพร้าว 75%

วิธีการทำแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมะพร้าว

ต้มน้ำมะพร้าวแก่และน้ำสมุนไพรมะพร้าวให้เดือดเป็นเวลา 15 นาที เติมน้ำตาลทรายและแอมโมเนียมซัลเฟต คนให้ละลาย ทิ้งไว้ให้เย็นจึงเติมหัวเชื้อ *Aceatbacter xylinum* TISTR975 ที่เตรียมไว้ในอัตราส่วน 10% (v/v) เทลงในภาชนะพลาสติกที่ลวกฆ่าเชื้อและปิดด้วยผ้าขาวบาง บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 วัน ทำสูตรละ 3 ข้ว เมื่อครบ 10 วันตัดแผ่นเซลลูโลสเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดพอคำ ต้มในน้ำเดือดนาน 30 นาที เพื่อไล่ออกกลิ่นกรด แช่ไว้ในน้ำเปล่า 2-3 คืนและหมั่นเปลี่ยนน้ำทุกวัน ให้กลิ่นเปรี้ยวหายไป เก็บแช่ตู้เย็นเพื่อนำไปแปรรูปและตรวจวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การแปรรูปแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมะพร้าว

เตรียมน้ำสมุนไพรมะพร้าวแต่ละชนิด ปรับให้มีความหวานเท่ากับ 25 องศาบริกซ์ด้วยน้ำตาลทราย นำแบคทีเรียเซลลูโลสแต่ละชนิด หั่นเป็นขนาดลูกเต๋าบรรจุใส่ในขวดที่ลวกฆ่าเชื้อ และเติมน้ำสมุนไพรมะพร้าวที่เตรียมไว้ลงไปจนท่วม โดยให้อัตราส่วนของเซลลูโลสต่อน้ำสมุนไพรมะพร้าวเท่ากับ 3 : 1 ปิดฝาให้สนิทและนำไปแช่ในตู้เย็นเพื่อตรวจวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์

1. การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมะพร้าว

การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพโดยการสังเกตลักษณะที่ปรากฏ และการวัดความหนาของแผ่นวุ้น โดยการนำวุ้นมะพร้าวผสมน้ำสมุนไพรมะพร้าว มาตัดผ่ากลาง แล้วใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์วัดความหนาของแผ่นวุ้น โดยทำการวัด 3 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย

การตรวจสอบความนุ่มเหนียวของวุ้นโดยการทดสอบการทนเคี้ยวของชิ้นวุ้น ตามวิธีการของ Kamal et.al (2005). โดยนำแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมะพร้าวทั้ง 4 ชนิด มาทดสอบการทนเคี้ยวโดยผู้ประเมินจำนวน 15 คน และให้คะแนนการเคี้ยวแบคทีเรียเซลลูโลสเป็นระดับคะแนนตามตารางคะแนน (ตารางที่ 1) อ้างอิงตามวิธีการของ Shimizu et.al. (1981)

ตารางที่ 1 ตารางการให้คะแนนระดับการทนเคี้ยวของแบคทีเรียเซลลูโลส

| คะแนน | ลักษณะของเจล |
|-------|-------------------|
| 0-1 | เหลวคล้ายโคลน |
| 2-3 | อ่อนนุ่มมาก |
| 4-5 | อ่อนนุ่ม |
| 6 | นุ่มเหนียวปานกลาง |
| 7-8 | แข็ง |
| 9-10 | แข็งมาก |

ที่มา: ดัดแปลงจาก Shimizu et.al. (1981)

2. การตรวจสอบองค์ประกอบโดยประมาณชีวมวลของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรรวมถึงองค์ประกอบโดยประมาณชีวมวล (Proximate analysis) ของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรรวมประกอบด้วย ปริมาณความชื้น ปริมาณเส้นใย โปรตีน ไขมัน และปริมาณเถ้า วิเคราะห์ตามวิธีการของ AOAC (2002)

3. การตรวจสอบสารต้านอนุมูลอิสระในแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรรวมถึงการวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายดีพีพีเอชตัดแปลงตามวิธีการของ Nilsang (2015) และ Nilsang (2016) ดังนี้ นำแบคทีเรียเซลลูโลสทั้ง 4 ชนิดมาชนิดละ 30 กรัม สับให้ละเอียดแล้วแยกไว้เป็นแต่ละสูตรจากนั้นนำไปใส่เครื่อง Stomacher เพื่อตีให้เข้ากัน ดูดส่วนที่เป็นสารละลาย ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายอนุมูลดีพีพีเอช 2.7 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำหลอดทั้งหมดมาตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาทีเพื่อให้เกิดปฏิกิริยา นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่าง ดังนี้

$$\text{DPPH\% Radical Scavenging} = (A_0 - A_1) / A_0 \times 100$$

เมื่อ A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลาย DPPH

A_1 = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารตัวอย่างผสมกับ DPPH

4. การตรวจสอบคุณลักษณะทางจุลชีววิทยาของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรรวมถึงนำตัวอย่างขึ้นแบคทีเรียเซลลูโลสสมุนไพรรวมที่ผ่านการต้มและแปรรูปแต่ละสูตรมาอย่างละ 10 กรัม เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อ 90 มิลลิลิตร นำไปตีปั่นด้วยเครื่อง Stomacher และนำไปทดสอบหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด, ยีสต์และรา, *Staphylococcus aureus* และ *E.coli* ที่ระบุในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำมะพร้าว มพช 341/2547 ตามวิธีการของ FDA-BAM (2001)

5. การตรวจสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบผลทางประสาทสัมผัสของแบคทีเรียเซลลูโลสสมุนไพรรวมแต่ละชนิดหลังจากแปรรูปโดยใช้กลุ่มประชากรไม่น้อยกว่า 35 คน โดย 7 point hedonic scale ทางด้าน รูปร่าง สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม แล้วนำมาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสถิติทดสอบ

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance: ANOVA) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมะขาม

แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมะขามแต่ละชนิดที่ทำการบ่มเป็นเวลา 7-10 วัน นำมาตรวจสอบความหนา ผลการทดลองในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าความหนาของแบคทีเรียเซลลูโลสแปรผันกับปริมาณของน้ำสมุนไพรมะขาม โดยที่ความหนาของแบคทีเรียเซลลูโลส น้ำมะพร้าว 100% > น้ำมะพร้าว 75%:น้ำสมุนไพรมะขาม 25% > น้ำมะพร้าว 50%: น้ำสมุนไพรมะขาม 50% > น้ำมะพร้าว 25%: น้ำสมุนไพรมะขาม 75% แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำมะขามให้ความหนาของแผ่นวุ้นมากที่สุด รองลงมาคือน้ำตะไคร้ ส่วนแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำขิงและน้ำกระชายให้ความหนาของแผ่นวุ้นต่ำที่สุดในทุกสูตร

ตารางที่ 2 ความหนาของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมะขามชนิดต่าง ๆ

| พืชสมุนไพรมะขาม | ความหนาเฉลี่ยของวุ้น (เซนติเมตร) | | | |
|-----------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | น้ำมะพร้าว 100% | น้ำมะพร้าว 75% + น้ำสมุนไพรมะขาม 25% | น้ำมะพร้าว 50% + น้ำสมุนไพรมะขาม 50% | น้ำมะพร้าว 25% + น้ำสมุนไพรมะขาม 75% |
| ตะไคร้ | 1.42 ± 0.02 ^a | 1.05 ± 0.01 ^a | 0.90 ± 0.03 ^b | 0.69 ± 0.02 ^{ab} |
| ขิง | 1.41 ± 0.03 ^a | 1.01 ± 0.02 ^a | 0.77 ± 0.04 ^a | 0.40 ± 0.04 ^a |
| กระชาย | 1.40 ± 0.03 ^a | 1.04 ± 0.03 ^a | 0.76 ± 0.02 ^a | 0.48 ± 0.04 ^a |
| มะขาม | 1.44 ± 0.01 ^a | 1.27 ± 0.03 ^b | 0.97 ± 0.01 ^b | 0.78 ± 0.03 ^b |

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ n=3

ตัวอักษร (a, b,) ที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p>0.05

ความเหนียวนุ่มของแบคทีเรียเซลลูโลสเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสให้ได้คุณภาพ การทดสอบความเหนียวนุ่มของวุ้นโดยการทดสอบการทนเคี้ยว โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญทดสอบการทนเคี้ยวและให้คะแนนความนุ่มเหนียวของแบคทีเรียเซลลูโลสแต่ละชนิดตามตารางของ Shimizu et al. (1981) ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3 พบว่าปริมาณน้ำสมุนไพรมะขามที่เติมลงในแต่ละสูตรมีผลต่อความนุ่มเหนียวของแบคทีเรียเซลลูโลส ปริมาณน้ำสมุนไพรมะขามจะทำให้วุ้นมีความอ่อนนุ่มมากจนถึงมีลักษณะเหลวคล้ายโคลน คะแนนการทนเคี้ยวของแบคทีเรียเซลลูโลส เซลลูโลส น้ำมะพร้าว 100% > น้ำมะพร้าว 75%: น้ำสมุนไพรมะขาม 25% > น้ำมะพร้าว 50%: น้ำสมุนไพรมะขาม 50% > น้ำมะพร้าว 25%: น้ำสมุนไพรมะขาม 75% แบคทีเรียเซลลูโลสที่ได้จากน้ำมะขามให้คะแนนการทนเคี้ยวสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมะขามชนิดอื่น ๆ ที่ปริมาณน้ำมะพร้าว 25%: น้ำสมุนไพรมะขาม 75% แบคทีเรียเซลลูโลสที่ได้จากน้ำขิงและน้ำกระชายให้คะแนนการทนเคี้ยวต่ำที่สุด ที่ระดับคะแนนอ่อนนุ่มมาก

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการทนเคี้ยวของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมินิชนิดต่าง ๆ

| พืชสมุนไพร | คะแนนการทนเคี้ยว | | | |
|------------|--------------------------|--|--|--|
| | น้ำมะพร้าว 100% | น้ำมะพร้าว 75% + น้ำสมุนไพรมินิ 25% | น้ำมะพร้าว 50% + น้ำสมุนไพรมินิ 50% | น้ำมะพร้าว 25% + น้ำสมุนไพรมินิ 75% |
| ตะไคร้ | 7.22 ± 0.12 ^a | 6.48 ± 0.14 ^a | 5.75 ± 0.13 ^{ab} | 4.97 ± 0.12 ^b |
| ขิง | 7.12 ± 0.13 ^a | 6.33 ± 0.22 ^a | 5.00 ± 0.34 ^a | 3.45 ± 0.20 ^a |
| กระชาย | 7.20 ± 0.15 ^a | 6.55 ± 0.13 ^{ab} | 5.34 ± 0.12 ^a | 3.77 ± 0.24 ^a |
| มะรุม | 7.19 ± 0.21 ^a | 6.70 ± 0.20 ^b | 6.01 ± 0.25 ^b | 5.02 ± 0.13 ^b |

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ n=15

ตัวอักษร (a, b,) ที่เหมือนกันในแนวดิ่ง หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p>0.05$

จากผลการทดสอบทางกายภาพแสดงให้เห็นว่าสูตรน้ำมะพร้าว 75%: น้ำสมุนไพรมินิ 25% ให้แผ่นฟันที่มีความหนาสูง และมีความทนเคี้ยวอยู่ในระดับอ่อนนุ่มปานกลาง ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของเกรียงไกร พัททยาน และคณะ (2558) ที่ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะของแบคทีเรียวัณสวรรค์ที่ได้จากการผสมน้ำแก้วมังกรกับน้ำมะพร้าว ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ น้ำแก้วมังกร 1 ส่วน ต่อน้ำมะพร้าว 2 ส่วน ในค่าความหนาและความอ่อนนุ่มที่ดีที่สุด

ผลการตรวจสอบองค์ประกอบโดยประมาณชีวมวลของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมินิ

แบคทีเรียเซลลูโลสที่ผลิตได้หลังจากที่ได้วัดคุณสมบัติทางกายภาพ จะนำมาต้มในน้ำเดือดนาน 30 นาที เพื่อไล่ออกกรด แสงไว้ในน้ำเปล่านาน 2-3 คืนและหมั่นเปลี่ยนน้ำทุกวัน จนกระทั่งกลิ่นเปรี้ยวหายไปแล้วจึงนำมาแปรรูป โดยการหั่นเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าและแช่ในน้ำสมุนไพรมินิที่มีความเข้มข้น 25 °Brix จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้บรรจุในขวดที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ เก็บไว้ในตู้เย็นก่อนการรับประทาน ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณชีวมวลและค่าการต้านอนุมูลอิสระของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมินิแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 4 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าองค์ประกอบชีวมวลของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมินิแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และพบว่ามากกว่าร้อยละ 90 ของแบคทีเรียเซลลูโลสมินิเป็นองค์ประกอบ สอดคล้องกับงานวิจัยของวิจิตรา ไหมจันทร์และคณะ (2555) ในการศึกษาการผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสจากผลผลิตทางการเกษตรเป็นแหล่งคาร์บอน

ค่าสารต้านอนุมูลอิสระของแต่ละ treatment มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่สารต้านอนุมูลอิสระแปรผันตามปริมาณน้ำสมุนไพรมินิในแต่ละ treatment กล่าวคือค่าสารต้านอนุมูลอิสระในสูตรน้ำมะพร้าว 75%: น้ำสมุนไพรมินิ 25% > น้ำมะพร้าว 50%: น้ำสมุนไพรมินิ 50% > น้ำมะพร้าว 25%: น้ำสมุนไพรมินิ 75% > น้ำมะพร้าว 100% เมื่อเปรียบเทียบสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างแบคทีเรียเซลลูโลสจากสูตรสูตรน้ำมะพร้าว 25%: น้ำสมุนไพรมินิ 75% พบว่าสารต้านอนุมูลอิสระในแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำตะไคร้ > แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำมะรุม > แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำกระชาย > แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำขิง ตามลำดับ

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางเคมีและค่าการต้านอนุมูลอิสระของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพร

| น้ำสมุนไพร | ชุดการทดลอง | องค์ประกอบโดยประมาณชีวมวล (%) | | | | เยื่อใย (%) | %DPPH |
|------------|-------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| | | ความชื้น | เถ้า | โปรตีน | ไขมัน | | |
| ตะไคร้ | Treatment 1 | 97.45±0.11 ^a | 0.05±0.00 ^a | 0.60±0.00 ^a | 0.50±0.01 ^a | 0.30±0.11 ^a | 0.34±0.08 ^a |
| | Treatment 2 | 97.77±0.17 ^a | 0.05±0.01 ^a | 0.61±0.01 ^a | 0.51±0.03 ^a | 0.29±0.19 ^a | 3.70± 0.03 ^b |
| | Treatment 3 | 97.43±0.12 ^a | 0.05±0.01 ^a | 0.61±0.02 ^a | 0.51±0.04 ^a | 0.29±0.09 ^a | 5.10±0.27 ^c |
| | Treatment 4 | 97.61±0.15 ^a | 0.05±0.0 ^a | 0.62±0.03 ^a | 0.50±0.11 ^a | 0.28±0.15 ^a | 6.98± 0.25 ^c |
| ขิง | Treatment 1 | 97.25±0.11 ^a | 0.05±0.00 ^a | 0.64±0.02 ^a | 0.57±0.01 ^a | 0.31±0.11 ^a | 0.34±0.08 ^a |
| | Treatment 2 | 98.01±0.07 ^a | 0.05±0.01 ^a | 0.60±0.11 ^a | 0.54±0.18 ^a | 0.28±0.19 ^a | 2.72± 0.18 ^t |
| | Treatment 3 | 97.83±0.12 ^a | 0.05±0.02 ^a | 0.60±0.04 ^a | 0.53±0.02 ^a | 0.27±0.09 ^a | 3.40±0.07 ^{bc} |
| | Treatment 4 | 97.63±0.10 ^a | 0.05±0.03 ^a | 0.61±0.05 ^a | 0.54±0.21 ^a | 0.28±0.05 ^a | 5.02± 0.05 ^c |
| กระชาย | Treatment 1 | 97.25±0.11 ^a | 0.05±0.00 ^a | 0.64±0.02 ^a | 0.57±0.01 ^a | 0.31±0.11 ^a | 0.34±0.08 ^a |
| | Treatment 2 | 97.15±0.17 ^a | 0.05±0.11 ^a | 0.60±0.11 ^a | 0.55±0.28 ^a | 0.21±0.09 ^a | 2.76± 0.18 ^t |
| | Treatment 3 | 97.26±0.26 ^a | 0.05±0.21 ^a | 0.61±0.24 ^a | 0.55±0.14 ^a | 0.24±0.09 ^a | 3.51±0.12 ^{bc} |
| | Treatment 4 | 97.24±0.23 ^a | 0.05±0.10 ^a | 0.60±0.25 ^a | 0.56±0.21 ^a | 0.26±0.10 ^a | 5.12± 0.65 ^c |
| มะรุม | Treatment 1 | 97.25±0.11 ^a | 0.05±0.00 ^a | 0.64±0.02 ^a | 0.57±0.01 ^a | 0.31±0.11 ^a | 0.34±0.08 ^a |
| | Treatment 2 | 98.15±0.17 ^a | 0.05±0.21 ^a | 0.63±0.01 ^a | 0.56±0.18 ^a | 0.31±0.39 ^a | 2.83± 0.18 ^t |
| | Treatment 3 | 97.53±0.02 ^a | 0.05±0.11 ^a | 0.62±0.24 ^a | 0.55±0.24 ^a | 0.30±0.12 ^a | 4.54±0.14 ^{bc} |
| | Treatment 4 | 97.61±0.23 ^a | 0.05±0.06 ^a | 0.62±0.15 ^a | 0.55±0.31 ^a | 0.30±0.35 ^a | 6.02± 0.05 ^c |

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ n=3

ตัวอักษร (a, b,) ที่เหมือนกันในแนวตั้งของแต่ละชนิดน้ำสมุนไพร หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p>0.05$

ผลการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพร

ผลิตภัณฑ์แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน 4 treatment นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในน้ำสมุนไพรและทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิมอายุระหว่าง 18-25 ปีจำนวน 35 คน ด้วยแบบทดสอบ 7 point hedonic scale โดยให้คะแนนในด้าน กลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5 พบว่าแบคทีเรียเซลลูโลสจากสมุนไพรทั้ง 4 treatment ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามที่คะแนนการยอมรับรวมสูงสุด คือสูตรน้ำมะพร้าว 75% : น้ำสมุนไพร 25% เมื่อจำแนกตามลักษณะในแต่ละด้านพบว่า กลิ่น ผู้ประเมินให้คะแนนแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำขิง >แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำตะไคร้ >แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำมะรุม >แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำกระชาย สี ผู้ประเมินให้คะแนนแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำตะไคร้ >แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำมะรุม >แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำกระชาย >แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำขิง

รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ผู้ประเมินให้คะแนนแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำตะไคร้ >แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำขิง >แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำมะรุม >แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำกระชาย

จะเห็นได้ว่าแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำตะไคร้ได้รับการยอมรับจากผู้ประเมินสูงที่สุด ซึ่งจะเป็นแนวทางในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ระดับชุมชนได้ในโอกาสต่อไป

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรร

| น้ำสมุนไพรร | ชุดการทดลอง | คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัส | | | | |
|-------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| | | กลิ่น | สี | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | การยอมรับรวม |
| ตะไคร้ | Treatment 1 | 4.37±1.11 ^a | 4.94±1.23 ^a | 4.51±1.50 ^a | 5.37±1.01 ^a | 5.54±0.92 ^a |
| | Treatment 2 | 4.49±1.10 ^a | 5.10±1.36 ^b | 4.63±0.77 ^a | 5.65±1.01 ^a | 6.00±0.18 ^b |
| | Treatment 3 | 4.21±1.05 ^a | 4.96±1.04 ^{ab} | 4.58±1.05 ^a | 5.46±0.98 ^a | 5.79±0.49 ^{ab} |
| | Treatment 4 | 4.01±0.45 ^a | 4.56±1.03 ^c | 4.52±1.27 ^a | 4.16±0.57 ^b | 5.29±0.63 ^a |
| ขิง | Treatment 1 | 4.37±1.11 ^a | 4.94±1.23 ^a | 4.51±1.50 ^a | 5.37±1.01 ^a | 5.54±0.92 ^a |
| | Treatment 2 | 4.53±1.00 ^a | 5.01±0.09 ^a | 4.26±1.17 ^{ab} | 5.47±1.01 ^a | 5.49±0.58 ^a |
| | Treatment 3 | 4.35±1.20 ^a | 4.97±1.24 ^a | 4.04±1.05 ^b | 5.26±0.81 ^a | 5.33±0.19 ^a |
| | Treatment 4 | 4.32±1.05 ^a | 4.06±1.08 ^b | 4.00±0.17 ^b | 4.17±0.17 ^b | 5.00±0.83 ^b |
| กระชาย | Treatment 1 | 4.37±1.11 ^a | 4.94±1.23 ^a | 4.51±1.50 ^a | 5.37±1.01 ^a | 5.54±0.92 ^a |
| | Treatment 2 | 4.12±1.30 ^a | 5.03±1.16 ^a | 4.16±1.17 ^a | 5.07±1.27 ^a | 5.09±0.28 ^b |
| | Treatment 3 | 3.92±1.65 ^a | 4.33±1.14 ^b | 4.00±1.30 ^{ab} | 4.86±0.41 ^a | 4.69±0.79 ^b |
| | Treatment 4 | 3.81±1.05 ^a | 3.96±1.23 ^b | 3.28±0.57 ^b | 4.06±0.37 ^b | 4.29±0.53 ^b |
| มะรุม | Treatment 1 | 4.37±1.11 ^a | 4.94±1.23 ^a | 4.51±1.50 ^a | 5.37±1.01 ^a | 5.54±0.92 ^a |
| | Treatment 2 | 4.19±1.30 ^a | 5.08±1.06 ^b | 4.20±1.67 ^a | 5.16±1.01 ^a | 5.32±0.25 ^a |
| | Treatment 3 | 4.11±0.75 ^a | 4.96±1.15 ^a | 4.44±1.45 ^{ab} | 5.01±0.81 ^a | 5.27±0.50 ^a |
| | Treatment 4 | 4.13±0.45 ^a | 4.33±1.23 ^c | 4.30±1.03 ^b | 4.14±0.87 ^b | 4.41±0.23 ^b |

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ n=35

ตัวอักษร (a, b,) ที่เหมือนกันในแนวตั้งของแต่ละชนิดน้ำสมุนไพรร หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p >0.05

ผลการตรวจสอบคุณลักษณะทางจุลชีววิทยาของแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรร

จากผลการทดสอบทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมีและผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า แบคทีเรียเซลลูโลสที่ผลิตจากสูตรน้ำมะพร้าว 75%: น้ำสมุนไพรร 25% นำมาทำการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์วันมะพร้าว มผช.341/2547 ผลการตรวจวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์พบว่า ผลิตภัณฑ์แบคทีเรียเซลลูโลสในน้ำสมุนไพรรที่แปรรูปแล้วมีปริมาณแบคทีเรียรวมน้อยกว่า 100 CFU/mL ไม่พบยีสต์และรา ไม่พบ *S.aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร นอกจากนี้การตรวจหา *E.coli* โดยวิธี MPN ผลการทดสอบพบว่าน้อยกว่า 2.2 MPN/100 mL ในทุกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลการทดลองนี้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.341/2547 ที่กล่าวไว้ว่า ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มเหนียว ไม่เละเหลว ปราศจากสิ่งแปลกปลอมและกลิ่นไม่พึงประสงค์ ในด้านจุลินทรีย์ ต้องไม่พบ *S.aureus* ในตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร การตรวจหา *E.coli* ด้วยวิธี MPN น้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร และ จำนวนยีสต์และราต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

ตารางที่ 6 ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์แปรรูปแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมะขาม

| ผลิตภัณฑ์ แบคทีเรีย เซลลูโลสในน้ำ สมุนไพรมะขาม | ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์แปรรูป | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | Total bacteria (CFU/mL) | Yeast and mold (CFU/mL) | <i>S.aureus</i> (CFU/mL) | <i>E.coli</i> (MPN/100mL) |
| ตะไคร้ | 1.39×10^1 | none | none | < 2.2 |
| ชิง | 1.01×10^1 | none | none | < 2.2 |
| กระชาย | 1.22×10^1 | none | none | < 2.2 |
| มะขาม | 1.46×10^1 | none | none | < 2.2 |

ผลการทดลองจากการตรวจวิเคราะห์ n=3

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมะขามโดยปรับอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตผลการทดลองพบว่าที่อัตราส่วนน้ำมะขาม 75% : น้ำสมุนไพรมะขาม 25% ให้คุณสมบัติในด้านการความหนาสูงที่สุดและเซลลูโลสที่ได้มีความนุ่มเหนียวปานกลาง ค่าสารต้านอนุมูลอิสระในเซลลูโลสแปรผันตามปริมาณน้ำสมุนไพรมะขาม กล่าวคือค่าสารต้านอนุมูลอิสระในสูตรน้ำมะขาม 75% : น้ำสมุนไพรมะขาม 25% > น้ำมะขาม 50% : น้ำสมุนไพรมะขาม 50% > น้ำมะขาม 25% : น้ำสมุนไพรมะขาม 75% > น้ำมะขาม 100% ตามลำดับ เมื่อนำแบคทีเรียเซลลูโลสที่ได้มาทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์พบว่าปริมาณแบคทีเรียรวมน้อยกว่า 100 CFU/mL ไม่พบยีสต์และรา ไม่พบ *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร นอกจากนี้การตรวจหา *E. coli* โดยวิธี MPN ผลการทดสอบพบว่าน้อยกว่า 2.2 MPN/100 mL เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.341/254 และแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำตะไคร้ได้รับการยอมรับจากผู้ประเมินสูงที่สุด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์แบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพรมะขามได้ และสามารถส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์ในระดับชุมชนได้ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมขนาดย่อมควรมีการพัฒนาในเรื่องผลผลิต การเติมสารอาหาร รวมถึงการย่นระยะเวลาการหมักเพื่อให้ผลผลิตที่ดีและเร็วขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในการให้ทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กิ่งแก้ว เจริญพรสุข. (2547). การผลิตวุ้นสวรรค์จากเวย์, วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง, 1 (2) , 36-41.
- กาญจนา ชินสำราญ และ ฤทัยรัตน์ สุทธิสุวรรณ. (2558). การพัฒนาการผลิตเซลลูโลสจากแบคทีเรียในกากน้ำตาลโดยใช้ น้ำมะขามเป็นสารอาหารเสริมและการเติมสารที่ทำให้เกิดเจล. วารสารวิชาการ มทร.สุวรรณภูมิ. 3(2) :98-108.

- เกรียงไกร พัทยากร, อรัญญา พรหมกุล และ วรณทิตา เสวตบวร.(2558). คุณลักษณะของแบคทีเรียวัณสวรรค์ ที่ผลิตได้จากแก้วมังกร. **แก่นเกษตร**. 43(ฉบับพิเศษ 1): 917-921.
- พัฒน์พงษ์ วันจันทิก (2543). การผลิตเซลลูโลสจากน้ำคั้นจากเปลือกสับปะรดโดยเชื้อ *Acetobacter* sp. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- วิจิตรา ใหม่เจริญ, พิชามณูย์ กำมั่งละการ, สุวรรณ สุตปรีก, กุลนันท์ ปุ๊ดพรหม, ชุตติมา อันชนะ, จันทร์ทิมา พงษ์พานิช และสุรศักดิ์ ละลอกน้ำ. (2555). การผลิตเซลลูโลสจากแบคทีเรีย *Acetobacter xylinum* TISTR086 โดยใช้ผลผลิตทางการเกษตรเป็นแหล่งคาร์บอน. **วารสารหน่วยวิจัย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 3(2): 92-97.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). **Official methods of analysis of AOAC international** (17th edition). AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Castro C., Zuluaga, R., Putaux, J-L., Caro, G., Mondragon, I., Ganñán, P.(2011). Structural characterization of bacterial cellulose produced by *Gluconacetobacter swingsii* sp. From Colombian agroindustrial wastes. **Carbohydrate Polymers**. 84: 96-102.
- FDA- Bacteriological Analytical Manual (BAM) (2001). “**Yeasts Molds and Mycotoxins.**” in **Chapter18**. [Online]. Available: <https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm071435.htm>
- Jagannath, A., Kalaiselvan, A., Manjunatha,S.S., Raju, P.S., Bawa, A.S. (2008). The effect of pH, sucrose and ammonium sulphate concentrations on the production of bacterial cellulose (Nata-de-coco) by *Acetobacter xylinum*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**. 24:2593–2599.
- Kamal, M., Hossain, I, Shikha, S., Neazuddin, M., Bapary, M., Islam, M.N. (2005). Effect of salt concentration and Cryoprotectants on gel-forming ability of surimi prepared from Queen fish (*Chorinemus lysan*) during frozen storage. **Pakistan Journal of Biological Science**. 8(6): 793-797.
- Keshk, S.M.A.S., Razek, T.M.A., Sameshima, K. (2006). Bacterial cellulose production from beet molasses. **African Journal of Biotechnology**. 5 (17): 1519-1523.
- Kurosumi, A., Sasaki. C., Yamashita, Y. Nakamura. Y. (2009). Utilization of various fruit juices as carbon source for production of bacterial cellulose by *Acetobacter xylinum* NBRC 13693. **Carbohydrate Polymers**. 76 (2):333-335.
- Nilsang, S. (2015). Antioxidant activity and total polyphenol content in Thai Herbal fermented juices. In the proceeding of the 2015 International forum in Agriculture, Biology and Life science (IFABL2015) on June 23-25, 2015. Sapporo, Japan.
- Nilsang, S.,(2016). Chemical and Microbiological properties in Indian Gooseberry (*Phyllanthus emblica* Linn.) fermented juice producing by Household Process in Thailand. In the proceeding of The 4th International Symposium on Fundamental and Applied Science (ISFAS 2016) on 29 March- 1 April, 2016. Kyoto, Japan.

- Nilsang S. (2017). Physical and chemical characteristics of Nata de coco mixed with Gac fruit (*Momordica cochinchinensis*) juice. In the proceeding of Asia-Pacific Conference on Life Science and Biological Engineering (APLSBE2017) on March 29-31, 2017. Nagoya, Japan.
- Nilsang S. (2018). Effect of spray drying temperature on quality of instant herbal drinks. **Food and Applied Bioscience Journal**. 6(special issue): 55-68.
- Puranik, V., Mishra, V., Yadav, N, Rai, G.K. (2012). Bioactive components retention in processed indian gooseberry products. **Journal of Food Process & Technology**. 3:194, doi:10.4172/2157-7110.1000194.
- Wenno, M.R., Wattimena, M.L., Rumakey, Z.A., Thenu, J.L. (2015). Physic and chemical characteristics of Nata de seweed from *Eucheuma cottonii* and *Gracilaria* sp. DOI.: <http://dx.doi.org/10.18502/cls.vli0.77>.