

การศึกษาปริมาณซัคคารินที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นสวรรค์

A Study on the Optimum Amount of Saccharin for Nata de Coco Production

กนกทิพย์ ศรีสุภักดิ์¹ และ เสาวลักษณ์ เงินเย็น¹
Kanoktip Srisupak¹ and Saowaluk Ngoenyen
ภัทรพร ยูชาติ^{2*}
Phattharaporn Yuthachit

รับบทความ 14 มีนาคม 2563/ ปรับแก้ไข 2 ธันวาคม 2563/ ตอรับบทความ 10 ธันวาคม 2563
Received: March 14, 2020/ Revised: December 2, 2020/ Accepted: December 10, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณโซเดียมซัคคารินที่เหมาะสมต่อการผลิตวุ้นสวรรค์จากน้ำมะพร้าวโดยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter xylinum* TISTR 975 โดยมีการศึกษาปริมาณโซเดียมซัคคารินร้อยละ 0.006 และ 0.012 (โดยน้ำหนัก) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก) ที่มีผลต่อความหนา น้ำหนัก สี และเนื้อสัมผัสของวุ้นสวรรค์ที่ผลิตได้ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณโซเดียมซัคคารินที่เหมาะสมต่อการหมักด้วย *A. xylinum* TISTR 975 ในน้ำมะพร้าว คือ ร้อยละ 0.006 (โดยน้ำหนัก) ภายหลังการหมักเป็นเวลา 10 วัน สามารถผลิตวุ้นสวรรค์ได้ความหนาและน้ำหนักเท่ากับ 13.88 มิลลิเมตร และ 42.44 กรัม ตามลำดับ วุ้นสวรรค์ที่ผลิตได้จากน้ำมะพร้าวที่เติมซัคคารินร้อยละ 0.006 ที่ได้มีสีขาวอมเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความแข็ง ค่าแรงยืดเกาะ และค่าการทนต่อการเคี้ยวมีแนวโน้มลดลงแตกต่างจากชุดควบคุม ($P \leq 0.05$) ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของวุ้นสวรรค์ที่เติมซัคคารินร้อยละ 0.006 ในน้ำเชื่อมมีคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ย 7.43 ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (7.01) ($P > 0.05$)

คำสำคัญ: วุ้นสวรรค์, อะซีโตแบคเตอร์ ไซลีนัม, ซัคคาริน

Abstract

The objective of this study was to evaluate the optimum amount of sodium saccharine on nata de coco production from coconut juice by *Acetobacter xylinum* TISTR 975. The study was to compare the effects of sodium saccharin content of 0.006 0.012 % (w/w) and control (sucrose content 5% w/w) on the thickness, weight, color and texture of nata de coco.

¹นักศึกษาลัทธิไตรศึกษาสาขาสถาปัตยกรรม สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา e-mail: goffeee@gmail.com

^{2*} อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

Food Science and Technology Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, 340 Suranarai road, Maueng District, Nakhon Ratchasima, 30000

*corresponding author: Phattharaporn.yu@nrru.ac.th

วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2563)

Science and Technology Research Journal Nakhon Ratchasima Rajabhat University Vol.5 No.2 (July – December 2020)

The results showed that the optimum saccharin content for the fermentation by *A. xylinum* TISTR 975 in coconut juice was 0.006% (w/w). After a 10 days period of fermentation, the thickness and weight of nata de coco were 13.88 mm and 42.44 g. The color of nata de coco was yellowish white. Texture profile analysis of nata displayed that the hardness cohesiveness and chewiness tended to decrease ($P \leq 0.05$) compared to control sample. Sensory evaluation of nata de coco from coconut juice with saccharin (0.006%) in syrup showed the average overall acceptance score of 7.43, which was not significant differences with control sample (7.01).

Keywords: Nata de coco, *Acetobacter xylinum*, Saccharin

บทนำ

วุ้นสวรรค์ (Nata de coco) เป็นผลิตภัณฑ์เซลล์ลูลอสจากแบคทีเรีย (bacterial cellulose) ที่ได้จากกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรียหลายสกุล ได้แก่ *Acetobacter*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* และ *Sarcina* (Chawla et al., 2009) *Acetobacter xylinum* เป็นสายพันธุ์ที่สำคัญในการผลิตเซลล์ลูลอสเนื่องจากมีความสามารถในการผลิตเซลล์ลูลอสในปริมาณมาก และมีคุณภาพดี (วรารุณี ครูสง, 2551) ลักษณะของเซลล์ลูลอสมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับเซลล์ลูลอสจากพืช มีความบริสุทธิ์สูง ความสามารถในการอุ้มน้ำมาก แข็งแรง ทนต่อการดองได้สูง จึงถูกนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมผลิตพลาสติกชีวภาพ อุตสาหกรรมสิ่งทอ และอุตสาหกรรมการผลิตยาและการแพทย์ เป็นต้น ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเซลล์ลูลอสจากแบคทีเรีย ได้แก่ แหล่งอาหารที่เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจน การเกิดผลิตภัณฑ์ข้างเคียง การใช้สารเคมีในการหมัก ปริมาณออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ เป็นต้น (จุฬาลักษณ์ เขมาชีวะกุล, 2559) การผลิตวุ้นสวรรค์สามารถใช้วัตถุดิบหลายชนิด ได้แก่ น้ำมะพร้าว สับปะรด น้ำกะทิ น้ำหางนม กากน้ำตาล และวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร (เกรียงไกร พัทธการ, อรัญญา พรหมกุล และ วรณทิชา เสวตบรร, 2558; อนัน บัญปาน และคณะ, 2559; Maichan, 2012;

Lestari et al., 2013) การผลิตวุ้นสวรรค์ในประเทศไทย นิยมใช้น้ำมะพร้าวในการผลิตวุ้นสวรรค์เนื่องจากน้ำมะพร้าวเป็นส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมกะทิ และยังมีสารอาหารที่แบคทีเรียสามารถใช้ในการเจริญเติบโตได้ แต่ใน

น้ำมะพร้าวก็มีปริมาณน้ำตาลที่ไม่แน่นอนจึงมีการเติมน้ำตาลซูโครส (น้ำตาลทราย) ลงไปเพื่อให้ปริมาณคาร์บอนมากพอสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและใช้ในการสร้างเซลล์ลูลอส (พวงทอง เส้นดำ, 2544) ในปัจจุบัน น้ำมะพร้าวก็มีปริมาณการนำไปใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้นทำให้น้ำมะพร้าวที่เคยเป็นส่วนเหลือทิ้งมีมูลค่าเพิ่ม รวมทั้งราคาน้ำตาลทรายที่เพิ่มขึ้น ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตวุ้นสวรรค์ จึงทำให้ผู้ผลิตวุ้นสวรรค์ในทางการค้าต้องหาแนวทางการใช้วัตถุดิบที่มีต้นทุนต่ำ หรือน้ำตาลชนิดอื่นๆทดแทนการใช้ซูโครสเพื่อลดต้นทุนการผลิต

ซัคคาริน (Saccharin) หรือ ซันทสกร เป็นสารให้ความหวาน (sweetener) สังเคราะห์ซึ่งให้ความหวาน 300-500 เท่าของน้ำตาลซูโครส เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน นิยมใช้ในรูปของเกลือแคลเซียมหรือโซเดียม โดยเฉพาะโซเดียมซัคคารินละลายน้ำได้ดีที่สุด (Dhartiben and Aparnath, 2017) ปริมาณซัคคารินที่ใช้ไม่ควรเกินร้อยละ 0.1 เพราะจะมีรสขมหากใช้ปริมาณสูงกว่านี้ (อุษา ภูคัสมาส, 2556) ซัคคารินได้รับอนุญาตให้ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มหลากหลายชนิด ได้แก่ ขนมหวาน โยเกิร์ต ไอศกรีม ขนมอบ แยม เครื่องเทศ น้ำอัดลม มัสตาร์ด และซอส ระดับการใช้ที่ได้รับอนุญาตแตกต่างกันไปตั้งแต่

100 ถึง 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขึ้นอยู่กับประเภทอาหาร (Mortensen, 2006) ในประเทศไทยอนุญาตให้ใช้ซัคคาริน ในปริมาณสูงสุด 80-2,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีระดับการใช้แตกต่างกันตามประเภทของอาหาร ได้แก่ ผลไม้ดอง เครื่องดื่ม ไอศกรีม ขนมหวาน หมากฝรั่ง เครื่องดื่มหรือผลิตภัณฑ์ที่มีนมเป็นส่วนผสม โกโก้ผสมชนิดไซรป์ น้ำผลไม้ หรือน้ำผักชนิดเนคต้า และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่แต่งกลิ่นรส โดย JECFA (the Joint Expert Committee on Food Additives) ได้กำหนดค่าการบริโภคได้อย่างปลอดภัยโดยไม่เกิดอันตรายใดๆ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ (Acceptable Daily Intake; ADI) คือไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่อวัน ในยุโรปอนุญาตให้ใช้ได้ไม่เกิน 80-100 มิลลิกรัมต่อลิตร (เอกหทัย แซ่เตีย, 2558) มีการศึกษาการเติมซัคคาริน 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรในอาหารเลี้ยงแบคทีเรีย พบว่าช่วยส่งเสริมการเจริญของ *Bacillus cereus*, *Micrococcus* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermis* และ *Micrococcus* spp. ซัคคารินมีผลยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก แกรมลบ และรูปร่างกลมได้ ในขณะที่แบคทีเรียแกรมลบรูปร่างท่อนเล็กไม่ถูกยับยั้งด้วยซัคคาริน โดยซัคคารินมีผลต่อระบบการขนส่งกลูโคสในเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย (Weekley, Kimbrough and Llewellyn, 1990) และโซเดียมซัคคารินความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ สามารถยับยั้งเอนไซม์ไกลโคไลติก (Glycolytic enzyme) ในแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างกลมได้ (Oldacay and Erdem, 2016) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำซัคคารินมาใช้ทดแทนซูโครสสำหรับการผลิตวัฒนธรรมจากน้ำมะพร้าวด้วยแบคทีเรีย *Acetobacter xylinum* TISTR 975

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

1.1 จุลินทรีย์สายพันธุ์ *Acetobacter xylinum* TISTR 975 ซื้อจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (TISTR, Thailand Institute of Scientific and Technological Research)

1.2 น้ำมะพร้าวแก่ นำมาจากร้านค้าขายกะทิสดในตลาดย่าโม อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

2. การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์

การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์ *A. xylinum* TISTR 975 ในอาหารเลี้ยงเชื้อน้ำมะพร้าวแก่ ดัดแปลงจาก

สุกัญญา สายธิ สุดารัตน์ สุกุลคุ และกรรณิการ์ สมบุญ (2559) โดยนำน้ำมะพร้าวแก่ที่ผ่านการกรองด้วยผ้าขาวบาง จำนวน 1 ลิตร มีความเป็นกรด-ด่าง และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 5.75 และ 4.4 องศาบริกซ์ ปรับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 10 องศาบริกซ์ โดยเติมน้ำตาลทรายขาว (ตรามิตรผล) ร้อยละ 5 และเติมแอมโมเนียมซัลเฟตร้อยละ 0.5 ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปต้มฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วปรับให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.0 ด้วยกรดอะซิติก (ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยปริมาตร) ร้อยละ 1 ทั้งให้เย็น และเติมหัวเชื้อ *A. xylinum* TISTR 975 ลงไป ร้อยละ 10 ของปริมาตรน้ำมะพร้าว แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (โดยหัวเชื้อมีจำนวนจุลินทรีย์ในช่วง 10^7 - 10^8 โคโลนีต่อมิลลิลิตร) เมื่อครบกำหนดจึงแยกวันออก แล้วนำสารละลายที่ได้เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์สำหรับการทดลองต่อไป

3. การศึกษาปริมาณซัคคารินที่เหมาะสมในการผลิตวันสวรค์

นำน้ำมะพร้าวแก่มากรองด้วยผ้าขาวบาง และแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ น้ำมะพร้าวเติมปริมาณซัคคาริน 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.006 และ 0.012 โดยน้ำหนักน้ำมะพร้าว เปรียบเทียบกับน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 โดยน้ำหนักน้ำมะพร้าว (ชุดควบคุม) แล้วนำน้ำมะพร้าวทุกชุดการทดลองเติมแอมโมเนียมซัลเฟตร้อยละ 0.5 ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปต้มฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.0 ด้วยกรดอะซิติก (ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยปริมาตร) ร้อยละ 1 บรรจุขวดแก้วขนาด 7 ออนซ์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปริมาตรขวดละ 140 มิลลิลิตร ปิดปากขวดด้วยกระดาษที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ทั้งให้เย็น และเติมหัวเชื้อ *A. xylinum* TISTR 975 จากข้อ 2 ลงไปร้อยละ 10 ของปริมาตรน้ำมะพร้าว หมักในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน โดยสุ่มวิเคราะห์น้ำหนักและความหนาของแผ่นวันในวันที่ 0, 2, 4, 6, 8, 10 แล้วนำแผ่นวันที่ได้แต่ละชุดการทดลองไปวัดค่าสี และวัดค่าเนื้อสัมผัสเมื่อครบกำหนด 10 วัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.1 ความหนาของแผ่นวัน โดยนำแผ่นวันสวรค์มาวัดความหนาด้วยไม้มิเตอร์ และทำการวัดความหนา 4 จุดต่อแผ่น แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.2 น้ำหนักเปียกของแผ่นวุ้น โดยนำแผ่นวุ้น สวรรค์ที่ได้มาวางบนแผ่นกระดาษเพื่อซับน้ำออกจนพื้นผิว ด้านนอกแห้ง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

3.3 วัดค่าสี (CIE $L^* a^* b^*$) ด้วยเครื่องวัดรุ่น Mini Scan EZ (Hunter Lab, USA) ซึ่งวัดค่า L^* (ค่าความสว่าง มีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึง วัดถุมีสีเข้ม, 100 หมายถึง วัดถุมีสีอ่อน) ค่าสี a^* (+ หมายถึง วัดถุมีสีแดง - หมายถึง วัดถุมีสีเขียว) และ ค่าสี b^* (+หมายถึง วัดถุมีสีเหลือง - หมายถึง วัดถุมีสีน้ำเงิน) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ทำการวัด 10 ตำแหน่งต่อตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.4 วัดค่าเนื้อสัมผัส โดยนำวุ้นสวรรค์มาตัดเป็น ชิ้นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าขนาด $1 \times 1 \times 1$ เซนติเมตร วิเคราะห์โดย เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) ใช้หัวกด ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (P/50) อัตราเร็วในการกด 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วก่อนกด 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที (ดัดแปลงจากวิธีของเกรียงไกร พัททยาน และคณะ, 2558) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำ วัดวุ้นสวรรค์จำนวน 5 ชิ้น แล้วหาค่าเฉลี่ย ประมวลผล ข้อมูลเป็นค่า Hardness หมายถึงค่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการกด ครั้งแรก มีหน่วยกรัม (g) ค่า Cohesiveness หมายถึงแรง ยึดเกาะกันภายในเนื้อของแผ่นวุ้นสวรรค์ และค่า Chewiness หมายถึงค่าการทนต่อการเคี้ยว

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวางแผนการ ทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Rank Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

4. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ วุ้นสวรรค์

ทำการผลิตวุ้นสวรรค์จากน้ำมะพร้าวแก่ที่เติม ชักคารินตามปริมาณที่เหมาะสมที่คัดเลือกได้จากการศึกษา ในข้อ 3 เปรียบเทียบกับวุ้นสวรรค์ที่เติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 ในน้ำมะพร้าวแก่ แล้วนำแผ่นวุ้นมะพร้าวที่ได้จากการ หมักมาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า(กว้างxยาวxหนา) ขนาด $1 \times 1 \times 1$ เซนติเมตร แล้วนำไปต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที 2 ครั้ง เพื่อกำจัดกลิ่นและรส เปรี้ยวของกรดอะซิติกออกไป แล้วนำไปแปรรูปเป็นวุ้นใน น้ำเชื่อมพาสเจอไรส์ โดยบรรจุวุ้นน้ำหนัก 110 กรัม ผสมกับ น้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ ในขวดแก้วขนาด 7 ออนซ์ นำขวด แก้วบรรจุวุ้นในน้ำเชื่อมต้มในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 82-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วลดอุณหภูมิ และ นำไปทดสอบ

4.1 วิเคราะห์ลักษณะวุ้นทางกายภาพของวุ้น สวรรค์ ได้แก่ ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัส ตามวิธีการในข้อ 3

4.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของวุ้น สวรรค์ในน้ำเชื่อมโดยวิธี 9 Hedonic scale (1 = ไม่ชอบ มากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 60 คน ให้คะแนนปัจจัยด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเหนียวนุ่ม และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์วุ้น สวรรค์ในน้ำเชื่อม

4.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้สถิติวิเคราะห์ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณชักคารินที่เติมในน้ำมะพร้าว ร้อยละ 0.006 และ 0.012 โดยน้ำหนัก กับน้ำมะพร้าวที่เติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 (ชุดควบคุม) หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *A. xylinum* TISTR 975 อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 10 วัน พบว่า ปริมาณชักคารินมีผลต่อการสร้างแผ่นวุ้น โดยความหนาและน้ำหนักของแผ่นวุ้นที่แบคทีเรีย *A. xylinum* TISTR 975 สร้างจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณชักคาริน ปริมาณชักคารินร้อยละ 0.006 จะมีผลทำให้แบคทีเรียสร้าง แผ่นวุ้นได้มากกว่าปริมาณชักคารินร้อยละ 0.012 แตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ปริมาณชักคารินทุกระดับมีผลทำให้ความหนาและน้ำหนักของแผ่นวุ้นน้อยกว่า ชุดควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลของซัคคารินต่อความหนาและน้ำหนักของวุ้นสวรงค์ในระยะเวลาการหมัก 10 วัน

คุณลักษณะ	ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณซัคคาริน (ร้อยละ)		
		ชุดควบคุม	0.006	0.012
ความหนา (มิลลิเมตร)	2 ^{ns}	1.33 ^D ±0.33	1.22 ^D ±0.38	1.55 ^C ±0.19
	4	7.11 ^{a,C} ±0.50	2.00 ^{b,CD} ±0.67	2.55 ^{b,C} ±0.38
	6	14.89 ^{a,B} ±1.16	5.55 ^{b,C} ±2.52	2.66 ^{b,C} ±0.33
	8	18.55 ^{a,A} ±3.09	10.11 ^{b,B} ±0.19	4.77 ^{c,B} ±0.38
	10	18.77 ^{a,A} ±1.71	13.88 ^{ab,A} ±3.68	9.66 ^{b,A} ±2.33
น้ำหนัก (กรัม)	2	1.30 ^{a,E} ±0.23	0.61 ^{b,D} ±0.05	1.01 ^{a,D} ±0.11
	4	23.04 ^{a,D} ±3.13	2.54 ^{b,D} ±1.43	1.26 ^{b,D} ±0.04
	6	40.26 ^{a,C} ±1.23	14.65 ^{b,C} ±4.45	7.05 ^{c,C} ±0.69
	8	47.50 ^{a,B} ±1.46	27.73 ^{b,B} ±1.74	13.57 ^{c,B} ±1.65
	10	54.99 ^{a,A} ±3.73	42.44 ^{b,A} ±6.73	29.04 ^{c,A} ±2.80

^{a-c} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

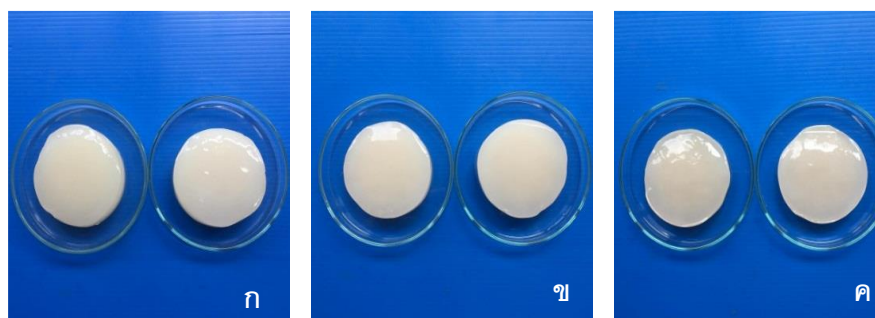
^{A-E} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งในแต่ละคุณลักษณะ หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

จากผลการศึกษาปริมาณซัคคารินที่มีผลต่อการผลิตวุ้นสวรงค์ พบว่า การสร้างแผ่นวุ้นสวรงค์ของเชื้อ *A. xylinum* TISTR 975 ในน้ำมะพร้าวที่เติมซัคคารินปริมาณร้อยละ 0.006 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้ดีกว่าซัคคารินปริมาณร้อยละ 0.012 และให้ผลใกล้เคียงกันกับวุ้นสวรงค์ที่สร้างจากน้ำมะพร้าวที่เติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 ซึ่งวุ้นสวรงค์ที่ดีและสามารถนำมาใช้ในการแปรรูปต้องมีลักษณะของแผ่นวุ้นสวรงค์ที่มีผิวเรียบ สีขาว มันวาว และมีความหนา 1 เซนติเมตรขึ้นไป ซึ่งแบคทีเรียที่เจริญในน้ำมะพร้าวที่เติมซัคคารินร้อยละ 0.012 มีการสร้างแผ่นวุ้นสวรงค์ที่ช้ากว่า และมีคุณภาพต่ำกว่าซัคคารินร้อยละ 0.006 และให้ลักษณะของแผ่นวุ้นสวรงค์มีผิวหน้าที่ไม่เรียบ และมีสีครีม แสดงในภาพที่ 1 เมื่อวัดค่าสีของวุ้นสวรงค์ทั้งสามชุดการทดลอง พบว่าเมื่อปริมาณซัคคารินเพิ่มขึ้นแผ่นวุ้นสวรงค์มีค่าความสว่าง (L^*) ไม่แตกต่างกันและไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ($P > 0.05$) ค่าสีเขียว ($-a^*$) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยวุ้นสวรงค์ที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวที่เติมซัคคารินจะมีค่าสีเขียวน้อยกว่า และค่าสีเหลืองมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยแผ่นวุ้นสวรงค์ชุดควบคุมเป็นวุ้นสวรงค์ที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 จะมีความหนาและมึนน้ำหนักรวม ทำให้แผ่นวุ้นสวรงค์มีความหนาแน่นของเซลล์สูงที่สุดมีลักษณะแผ่นวุ้น

สวรงค์สีขาว ทึบแสง ในขณะที่แผ่นวุ้นสวรงค์ที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมซัคคารินจะมีความหนาและมึนน้ำหนักร้อย จึงทำให้ความหนาแน่นของเซลล์น้อยกว่า โดยเฉพาะแผ่นวุ้นสวรงค์ที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวที่มีปริมาณซัคคารินร้อยละ 0.012 จะบางและมีน้ำหนักร้อยที่สุด จึงทำให้มีลักษณะสีขาวโปร่งแสง ดังตารางที่ 2

คุณลักษณะของแผ่นวุ้นที่เติมซัคคารินมีค่าด้านเนื้อสัมผัสของแผ่นวุ้นสวรงค์ในวันที่ 10 ของการหมัก พบว่า ค่าความแน่นแข็ง (Hardness) ของแผ่นวุ้นสวรงค์ที่เติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 มีค่าสูงที่สุด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) จากแผ่นวุ้นที่เติมซัคคารินร้อยละ 0.006 และแผ่นวุ้นสวรงค์ที่เติมซัคคารินร้อยละ 0.012 มีค่าความแข็งน้อยที่สุด ($P \leq 0.05$) แร้งยึดเกาะภายในเนื้อวุ้นสวรงค์หรือ ความเหนียว (Cohesiveness) ของทั้งสามชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และพบว่า วุ้นสวรงค์ที่เติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 มีค่าการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) สูงกว่าวุ้นสวรงค์ที่เติมซัคคารินร้อยละ 0.006 และ 0.012 ตามลำดับ (ดังตารางที่ 2)



ภาพที่ 1 ลักษณะแผ่นวัฒนธรรมจากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครส (ก) ชัคคารินร้อยละ 0.006 (ข) และร้อยละ 0.012 (ค) ในระยะเวลาหมัก 10 วัน

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางกายภาพของวัฒนธรรมจากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครส และชัคคารินในระยะเวลาหมัก 10 วัน

คุณลักษณะ	น้ำตาลร้อยละ 5	ปริมาณชัคคาริน (ร้อยละ)	
		0.006	0.012
L* ^{ns}	52.61±1.97	53.16±1.45	54.02±1.25
a*	-3.34 ^a ±0.11	-0.21 ^c ±0.14	-2.39 ^b ±0.14
b*	1.47 ^c ±0.32	5.07 ^a ±1.10	2.77 ^b ±0.69
Hardness (g)	4034.64 ^a ±687.41	3648.36 ^a ±585.35	2926.53 ^b ±599.81
Cohesiveness ^{ns}	0.12±0.01	0.12±0.02	0.13±0.02
Chewiness	47.06 ^a ±12.79	40.51 ^{ab} ±11.63	35.81 ^b ±10.41

^{a-c} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

วัฒนธรรมที่ผลิตจากชัคคารินร้อยละ 0.006 มีความแข็ง ความเหนียว และค่าการทนต่อการเคี้ยวใกล้เคียงกับชุดน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 ดังนั้นการเติมชัคคารินร้อยละ 0.006 จึงเป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *A. xylinum* TISTR 975 ได้ดี ทำให้เกิดการสร้างเส้นใยเซลลูโลสมากกว่าปริมาณชัคคารินร้อยละ 0.012 อาจเป็นผลจากการใช้ชัคคารินปริมาณที่สูงจะมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ทำให้ประสิทธิภาพการสร้างเซลลูโลสของเชื้อ *A. xylinum* TISTR 975 ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับวิจัยของ Oldacay และ Erdem (2016) ที่ได้ศึกษาผลของโซเดียมชัคคารินต่อการเจริญของ *Escherichia coli*, *Proteus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* และ *Enterococcus faecalis* พบว่า ชัคคารินที่ระดับความเข้มข้นต่ำ มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของ *E. coli* และ *Proteus* spp แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ *P. aeruginosa*, *S. epidermidis*, *S. aureus* และ *E. faecalis* ในทางตรงกันข้าม ชัคคารินที่ความเข้มข้นสูงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่

P. aeruginosa, *S. epidermidis*, *S. aureus* และ *E. faecalis*

จากการนำวัฒนธรรมที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 และชัคคารินร้อยละ 0.006 แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์วัฒนธรรมในน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 82-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที พบว่า วัฒนธรรมในน้ำเชื่อมทั้งสองชุดการทดลองมีความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4.7 ถึง 4.9 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 23 ถึง 25 องศาบริกซ์ จากการเปรียบเทียบลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์วัฒนธรรมในน้ำเชื่อมทั้งสองชุดการทดลอง พบว่า วัฒนธรรมในน้ำเชื่อมที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 มีสีขาวขุ่นทึบแสง ผิวเรียบเป็นมันวาว ในขณะที่วัฒนธรรมในน้ำเชื่อมที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลชัคคารินร้อยละ 0.006 มีสีขาวโปร่งแสง ผิวเรียบและมันวาว (ดังภาพที่ 2) จึงทำให้ค่าสีของวัฒนธรรมในน้ำเชื่อมที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวที่เติมชัคคารินร้อยละ 0.006 มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) สูงกว่าวัฒนธรรมในน้ำเชื่อมที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 ($P \leq 0.05$) และลักษณะเนื้อสัมผัสของวัฒนธรรมในน้ำเชื่อม

พบว่า ความแข็งของวันสวรรคในน้ำเชื่อมทั้งสองชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ในขณะที่ค่าความเหนียว และค่าการทนต่อการเคี้ยวของวันสวรรคในน้ำเชื่อมที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมซัคคารินร้อยละ

0.006 มีค่าสูงมากกว่าวันสวรรคในน้ำเชื่อมที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวที่เติมน้ำตาลซูโครส ($P \leq 0.05$) เท่ากับ 0.27 ± 0.27 และ 513.97 ± 770.30 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 2 ลักษณะวันสวรรคในน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรส์ที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครส และซัคคาริน

ตารางที่ 3 ค่าสี เนื้อสัมผัสของวันสวรรคในน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรส์ที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครส และซัคคาริน

คุณลักษณะ	น้ำตาลซูโครสร้อยละ 5	ซัคคารินร้อยละ 0.006	t-test	Sig.
L*	29.93 $\pm$ 2.30	30.01 $\pm$ 0.57	0.158	0.000*
a*	1.10 $\pm$ 0.21	1.18 $\pm$ 0.14	1.427	0.029*
b*	4.40 $\pm$ 0.60	4.84 $\pm$ 0.15	3.144	0.000*
Hardness (g)	9810.38 $\pm$ 3076.63	9258.43 $\pm$ 3533.36	0.456	0.952
Cohesiveness	0.12 $\pm$ 0.02	0.27 $\pm$ 0.27	2.123	0.000*
Chewiness	164.33 $\pm$ 80.29	513.97 $\pm$ 770.30	1.748	0.007*

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบการยอมรับของผู้บริโภคเพศหญิงร้อยละ 85 มีอายุอยู่ในช่วง 20-25 ปี ที่มีต่อผลิตภัณฑ์วันสวรรคในน้ำเชื่อมทั้งสองชุดการทดลองพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมของวันสวรรคในน้ำเชื่อมที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมซัคคารินร้อยละ 0.006 ที่ระดับความชอบปานกลาง (7.43 ± 1.14) ($P > 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับวันสวรรคในน้ำเชื่อมที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 (7.01 ± 1.01) และผู้บริโภคให้คะแนนลักษณะปรากฏ และสี ของวันสวรรคในน้ำเชื่อมที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมซัคคารินร้อยละ 0.006 ที่มีลักษณะสีขาว โปร่งแสง ผิวเรียบและมันวาวมากกว่า ($P \leq 0.05$) วันสวรรคในน้ำเชื่อมที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 ในขณะที่วันสวรรคที่เชื่อมที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมซัคคารินร้อยละ 0.006 มีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคน้อยกว่า ($P \leq 0.05$) วันสวรรคในน้ำเชื่อมที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 ที่มีค่าความเหนียว และค่าการทนต่อการเคี้ยวน้อยกว่า และผู้บริโภคให้คะแนนคุณลักษณะ

ด้านสี กลิ่น รสชาติ และความยืดหยุ่นของวันสวรรคทั้งสองชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ดังตารางที่ 4) ดังนั้นซัคคารินปริมาณร้อยละ 0.006 จึงเป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ทดแทนน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 ในการผลิตวันสวรรคจากน้ำมะพร้าว

ตารางที่ 4 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของวุ้นสวรรค์ในน้ำเชื่อมพาสเจอไรส์ที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครส และซัคคาริน

คุณลักษณะ	น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 5	ซัคคาริน ร้อยละ 0.006	t-test	Sig.
ลักษณะปรากฏ	7.28±1.05	7.55±0.79	1.563	0.004*
สี	7.31±1.01	7.60±0.66	1.803	0.005*
กลิ่น	6.81±1.11	7.30±1.16	2.320	0.519
รสชาติ	6.68±1.26	7.28±1.37	2.480	0.497
ความเหนียวนุ่ม	6.93±1.00	6.91±1.44	0.073	0.021*
ความยืดหยุ่น	6.60±1.29	6.85±1.38	1.021	0.396
ความชอบโดยรวม	7.01±1.01	7.43±1.14	2.113	0.254

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณซัคคารินที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นสวรรค์โดยใช้น้ำมะพร้าวแท้เป็นวัตถุดิบในการผลิตด้วยแบคทีเรีย *A. xylinum* TISTR 957 โดยใช้ซัคคารินแทนน้ำตาลซูโครสพบว่า ซัคคารินปริมาณร้อยละ 0.006 สามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 ได้ แบคทีเรียสร้างแผ่นวุ้นจากน้ำมะพร้าวที่มีการเติมซัคคารินปริมาณร้อยละ 0.006 ในระยะเวลาการหมัก 10 วัน ได้แผ่นวุ้นมีความหนา 13.88 มิลลิเมตร และน้ำหนัก 42.44 กรัม ซึ่งน้อยกว่าแผ่นวุ้นสวรรค์ที่ได้จากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครส ลักษณะสีของวุ้นสวรรค์จากน้ำมะพร้าวเติมซัคคารินมีสีขาวอมเหลืองมากกว่าแผ่นวุ้นที่ได้จากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครส ในขณะที่เนื้อสัมผัสมีความแน่นแข็ง และความเหนียวเหมือนกัน ผลการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์ในน้ำเชื่อมพาสเจอไรส์ โดยวุ้นมะพร้าวที่ผลิตจากน้ำมะพร้าวที่เติมซัคคาริน (ร้อยละ 0.006) มีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากวุ้นสวรรค์ที่ได้จากน้ำมะพร้าวเติมน้ำตาลซูโครสอยู่ในระดับความชอบปานกลาง คือ มีคะแนนความชอบมากกว่า 7

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ประจำปีการศึกษา 2559 ผู้สนับสนุนทุนในการทำวิจัยจนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงไกร พัทธการ อรัญญา พรหมกุล และ วรณทิศา เสวตบวร. (2558). คุณลักษณะของแบคทีเรียวุ้นสวรรค์ที่ผลิตได้จากแก้วมังกร. *แก่นเกษตร*. 43. ฉบับพิเศษ 1 หน้า 917-921.
- จุฬาลักษณ์ เขมาชีวะกุล. (2559). การผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสสายพันธุ์ *Acetobacter xylinum* และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม. *การเกษตรราชภัฏ*. 15 (2), pp. 25-33.
- วรารุณี ครุสง. (2551). *การบริหารจัดการจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก*. ในสถาบันอาหาร, การบริหารจัดการจุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมอาหาร. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ฝ่ายบริการวิชาการสถาบันอาหาร.
- สุกัญญา สายธิ สุดารัตน์ สกุลคุ และกรรณิการ์ สมบุญ. (2559). ผลิตภัณฑ์น้ำเมาพร้อมดื่มผสมวุ้นน้ำมะพร้าวบรรจุขวดแก้ว. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*. 10 (2), pp. 66-74.
- อนันต์ บุญปาน สิริแข พงษ์สวัสดิ์ และ จิรพรรณ คำผา. (2559). *การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นสวรรค์จากกากน้ำตาล*. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร (รายงานผลการวิจัย). คณะอุตสาหกรรมเกษตร, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อุษา ภูคัสมาส. (2556). น้ำตาลและบทบาทสำคัญของสารให้ความหวาน. *วารสารวิชาการ*. 43 (1): 33-39.

- เอกหทัย แซ่เตีย. (2558). น้ำตาลเทียม ใช้ได้ปลอดภัย
จริง. *Health today*. 15 (176), pp. 54-56.
- Chawla, P.R., Bajaj, I.B., Survas, S.A. & Singhal, R.S. (2009). Microbial cellulose: Fermentative production and applications. *Food Technology and Biotechnology*. 47 (2), pp. 107-124
- Dhartiben, K. B. & Aparnathi, D. K. (2017). Chemistry and use of artificial intense sweeteners. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6 (6), pp. 1283-1296.
- Maichan, M. (2012). Production of bacterial cellulose by *Acetobacter xylinum* TISTR 086 using agricultural products as carbon sources. *Journal of Research Science and Technology for Learning*. 3 (2), pp. 92-97.
- Mortensen, A. (2006). Sweeteners permitted in the European Union: safety aspects. *Scandinavian Journal of food and Nutrition*. 50 (3), pp. 104-116.
- Oldacay, M. & Erdem, G. (2016). The effect of sodium saccharin on the growth of *Escherichia coli*, *Proteus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* and *Enterococcus faecalis*. *Turk Mikrobiyol cem Derg*. (30), pp. 35-37.
- Weekley, B.L., Kimbrough, D.T. & Llewellyn, C. G. (1990). *The artificial sweeteners, aspartame and saccharin, alter in vitro bacterial growth: A preliminary study*. New York: Springer Science Business Media.