

การทดแทนน้ำมะพร้าวด้วยน้ำสับปะรด ในการผลิตวุ้นมะพร้าว-สับปะรด

Substitution of Coconut Juice by Pineapple Juice in Nata de Coco – Pina Production

พันธุ์ณรงค์ จันทร์แสงศรี¹ ปาริชาติ ศรีคำสุข² และวิลัยวรรณ แป้นขาว²
Punnarong Junsangsree¹, Parichati Srikamsukh² and Wilaiwan Pankhaw²

Abstract : Production of nata de coco-pina in pineapple juice was objected to produce a value added product for lower price's pineapple in high season. The process was carried out with *Acetobacter xylinum* TISTR 893 of 80-hours for highest biochemical activity and 40 % of starter was optimum for highest yield. When varying the percentage of sugar and ammonium dihydrogen phosphate to 3 and 3 levels, respectively, the results showed that the optimum quantity of sugar was 8 % and ammonium dihydrogen phosphate was 0.6 %. The optimum substitution of pineapple juice to coconut juice was 25 % of pineapple juice in modified medium broth. Thus, the modified medium broth for nata de coco-pina production composed of pineapple juice 25%, sugar 8 %, acetic acid 2 %, ammonium dihydrogen phosphate 0.6 % and adjusted to the volume of 100 ml by coconut juice. The container of 8 cm in diameter was used in production under the room temperature for 10 days. The highest sensory evaluation score of color and odor were detected when nata de coco-pina in pineapple juice product had pH level of 3.6.

บทคัดย่อ : การผลิตวุ้นมะพร้าว-สับปะรดในน้ำสับปะรดมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่สับปะรดในฤดูกาลที่มีผลผลิตจำนวนมากออกสู่ท้องตลาด กระบวนการผลิตอาศัยจุลินทรีย์ *Acetobacter xylinum* TISTR 893 ซึ่งมีกิจกรรมทางชีวเคมีสูงสุดที่อายุ 80 ชั่วโมง โดยใช้ในปริมาณร้อยละ 40 จะให้ผลผลิตที่มีความหนาสูงสุด เมื่อทดลองแปรปริมาณ ร้อยละของน้ำตาลและแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงเป็น 3 และ 3 ระดับ ตามลำดับ พบว่าปริมาณที่เหมาะสมคือ น้ำตาลร้อยละ 8 และแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 0.6 การทดแทนน้ำมะพร้าว

¹ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

²Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University

ด้วยน้ำสับปะรดที่ให้ผลผลิตของวุ้นมะพร้าว-สับปะรดดีที่สุดคือใช้น้ำสับปะรดร้อยละ 25 ในอาหารเหลวตัดแปลงที่มีน้ำมะพร้าวเป็นวัตถุดิบหลัก ดังนั้น อาหารเหลวสูตรคัดแปลงเพื่อการผลิตวุ้นมะพร้าว-สับปะรดประกอบด้วย น้ำสับปะรดร้อยละ 25 น้ำตาลร้อยละ 8 กรดน้ำส้มร้อยละ 2 แอมโมเนียมไคไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 0.6 แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำมะพร้าว โดยทำการผลิตในภาชนะปากกว้างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ภายใต้อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 วัน ในการผลิตวุ้นมะพร้าว-สับปะรดในน้ำสับปะรด เมื่อปรับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.6 จะให้ผล การประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสีและกลิ่นสูงที่สุด

Index words: วุ้นมะพร้าว-สับปะรด

Acetobacter xylinum TISTR 893

คำนำ

วุ้นมะพร้าว หรือ nata de coco ในภาษาฟิลิปปินส์ นั้น เป็นผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในหมู่ ผู้บริโภค โดยทั่วไปผลิตขึ้นมาจากน้ำมะพร้าว (หากผลิตจากสับปะรดจะเรียกชื่อ nata de pina) สามารถนำไปเป็นส่วนประกอบในอาหารได้หลายชนิด เช่น เยลลี่ โยเกิร์ต หรือทำเป็นวุ้นมะพร้าวในน้ำเชื่อม (สิริพันธุ์, 2537) วุ้นมะพร้าวมีลักษณะเป็นแผ่นวุ้นสีขาวหรือสีครีมเกิดจากการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างกรดน้ำส้มซึ่งพบได้ในการหมักน้ำส้มสายชูตามธรรมชาติ (สมคิด, 2530) แต่ในการผลิตที่ต้องการประสิทธิภาพสูงควรใช้เชื้อจุลินทรีย์บริสุทธิ์ ซึ่งมีอยู่หลายสายพันธุ์ ได้แก่ *Acetobacter aceti*, *A. rancens*, *A. pasteurianum*, *A. kuetsingianum* และ *A. xylinum* ซึ่งนิยมใช้มากที่สุด เพราะสร้างวุ้นได้รวดเร็วในระยะเวลาสั้น เพาะเลี้ยงง่าย และใช้น้ำตาลซูโครสได้ดีกว่าน้ำตาลชนิดอื่นๆ (อุดมศักดิ์, 2519) วุ้นมะพร้าวที่มีคุณภาพดีจะต้องมีลักษณะหนา ขาวใส เหนียวไม่ยืด (พะเยาว์, 2538) สำหรับคุณค่าทางโภชนาการนั้นพบว่า วุ้นมะพร้าวมีเส้นใยเซลลูโลสชนิดเส้นใยสั้นจำนวนมาก ประกอบกับมีพลังงานต่ำ จึงช่วยในระบบการขับถ่ายของร่าง-

กายและผู้ต้องการควบคุมน้ำหนัก (กรมวิทยาศาสตร์, 2517 และกรมวิทยาศาสตร์, 2518) ปัจจุบันการผลิตวุ้นมะพร้าวใช้น้ำมะพร้าวเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งอาจประสบปัญหาในบางพื้นที่ที่ขาดแคลนมะพร้าวจานวิจัยนี้จึงได้ทดลองศึกษาการทดแทนน้ำมะพร้าวด้วยน้ำสับปะรดเนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีจำหน่ายทั่วไปตลอดทั้งปี ในบางฤดูกาลที่มีผลผลิตออกมามากจะมีราคาถูกจึงเหมาะสมที่จะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์วุ้นมะพร้าว-สับปะรด ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การเจริญเติบโตของ *Acetobacter xylinum* TISTR 893

จุลินทรีย์ *Acetobacter xylinum* TISTR 893 ได้จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย นำมาเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ประกอบด้วยน้ำตาลทราย ร้อยละ 10.0 แกลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 0.2 และยีสต์สกัด ร้อยละ 0.1 นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปใช้งานต่อไป (Attasumpunna, 1995)

นำจุลินทรีย์ที่ได้มาศึกษาการเจริญเติบโตโดยเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตรคัดแปลงมาจาก

อุดมศักดิ์ (2519) ประกอบด้วยน้ำมะพร้าว (ผ่านการต้มให้เดือดและกรองก่อนใช้งาน) น้ำตาลทราย 50 กรัม (ร้อยละ 5.0) กรดน้ำส้ม 20 มิลลิลิตร (ร้อยละ 2.0) และแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 5 กรัม (ร้อยละ 0.5) โดยปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำมะพร้าว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร เป็นระยะเวลา 138 ชั่วโมง ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (SPECTRO 22) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเขียนกราฟการเจริญเติบโตของ *A. xylinum* TISTR 893 เพื่อหาอายุที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ดังกล่าวเพื่อใช้เป็นหัวเชื้อตั้งต้นต่อไป (พันธุ์ณรงค์และคณะ, 2535)

ปริมาณของหัวเชื้อตั้งต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตวุ้นมะพร้าว

เพาะเลี้ยงหัวเชื้อตั้งต้นของ *A. xylinum* TISTR 893 ที่มีอายุเหมาะสมตามที่ได้ศึกษาไว้จากกราฟการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดังกล่าว แล้วนำมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีน้ำมะพร้าวเป็นส่วนประกอบหลัก โดยบรรจุอาหารเหลวในภาชนะปากกว้างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร โดยแปรปริมาณหัวเชื้อตั้งต้นของ *A. xylinum* TISTR 893 เป็นร้อยละ 10, 20, 30, 40, และ 50 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากนั้นปิดปากภาชนะด้วยผ้าขาวบาง บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ติดตามผลการทดลองจากความหนาของวุ้นมะพร้าวที่เกิดขึ้น

ผลกระทบของน้ำตาลและแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่มีต่อการผลิตวุ้นมะพร้าว

เตรียมอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีน้ำมะพร้าวเป็นส่วนประกอบหลัก โดยแปรความเข้มข้นของน้ำตาลเป็นร้อยละ 6, 8 และ 10 และ

แปรความเข้มข้นของแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นร้อยละ 0.4, 0.6 และ 0.8 บรรจุอาหารเหลวลงในภาชนะปากกว้างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร แล้วใส่หัวเชื้อตั้งต้นของ *A. xylinum* TISTR 893 ในปริมาณที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาไว้ จากนั้นปิดปากภาชนะด้วยผ้าขาวบาง บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ติดตามผลการทดลองจากความหนาของวุ้นมะพร้าวที่เกิดขึ้น โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ

การทดแทนน้ำมะพร้าวด้วยน้ำสับปะรดในการผลิตวุ้นมะพร้าว-สับปะรด

จากอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีน้ำมะพร้าวเป็นส่วนประกอบหลักร้อยละ 100 นั้น ได้นำน้ำสับปะรด (เตรียมจากสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ที่ผ่านการบดละเอียดและกรองแยกกากออกก่อนนำมาใช้งาน) มาทดแทนน้ำมะพร้าว ดังนี้ ร้อยละ 25, 50 และ 75 จากนั้นจึงปรับความเข้มข้นของน้ำตาลและแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตตามปริมาณที่ศึกษาได้ข้างต้น เดิมกรดน้ำส้มร้อยละ 2 แล้วใส่หัวเชื้อตั้งต้นของ *A. xylinum* TISTR 893 ในปริมาณที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาไว้ ทำการทดลองในภาชนะปากกว้างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร จากนั้นปิดปากภาชนะด้วยผ้าขาวบาง บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ติดตามผลการทดลองจากความหนาของวุ้นมะพร้าว-สับปะรดที่เกิดขึ้น โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ

ระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์วุ้นมะพร้าว-สับปะรดในน้ำสับปะรด

เตรียมวุ้นมะพร้าว-สับปะรดด้วยวิธีที่เหมาะสมตามที่ศึกษาได้ข้างต้น ผสมกับน้ำสับปะรดความเข้มข้นร้อยละ 10 แล้วปรับความหวานเป็น 40

องศาบริกซ์(วราวุฒิ,2536) จากนั้นจึงปรับความเป็นกรดต่างของผลิตภัณฑ์วุ้นมะพร้าว-สับปะรดในน้ำสับปะรดเป็น 3.6, 4.0 และ 4.4 ด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ติดตามผลด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการอบรมแล้วจำนวน 30 คน ประเมินค่าการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม โดยการใช้คะแนนแบบ hedonic scale

วิจารณ์และผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของ *Acetobacter xylinum* TISTR 893

เมื่อเพาะเลี้ยง *Acetobacter xylinum* TISTR 893 ในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีน้ำมะพร้าวเป็นส่วนประกอบหลัก เป็นระยะเวลา 144 ชั่วโมง พบว่าการเจริญเติบโตของ *A. xylinum* TISTR 893 ดังแสดงในภาพที่ 1 เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่า

A. xylinum TISTR 893 มีการเจริญเติบโตสูงสุดก่อนจะเริ่มคงที่ ณ ชั่วโมงที่ 80 ซึ่งช่วงที่เซลล์จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตสูงสุดก่อนจะมีปริมาณเซลล์คงที่นั่นคือ ระยะสุดท้ายของช่วง log และเป็นระยะเริ่มต้นของช่วง stationary ซึ่งเซลล์จะมีเอนคิวิตีสูงสุด โดยประชากรของจุลินทรีย์จะอยู่ ณ จุดที่มีความเหมาะสมทางชีวเคมี และการทดลองวิจัยจะดำเนินการในช่วงนี้ (พันธันรงค์, 2542 ; Alcamo, 1997) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเซลล์ที่มีอายุดังกล่าวข้างต้นมาใช้เป็นหัวเชื้อตั้งต้นต่อไป

ปริมาณของหัวเชื้อตั้งต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตวุ้นมะพร้าว

เมื่อทดลองแปรปริมาณหัวเชื้อตั้งต้นของ *Acetobacter xylinum* TISTR 893 ในอาหารสูตรดัดแปลงที่มีน้ำมะพร้าวเป็นวัตถุดิบหลัก เป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 แล้วผลิตวุ้นมะพร้าว ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2

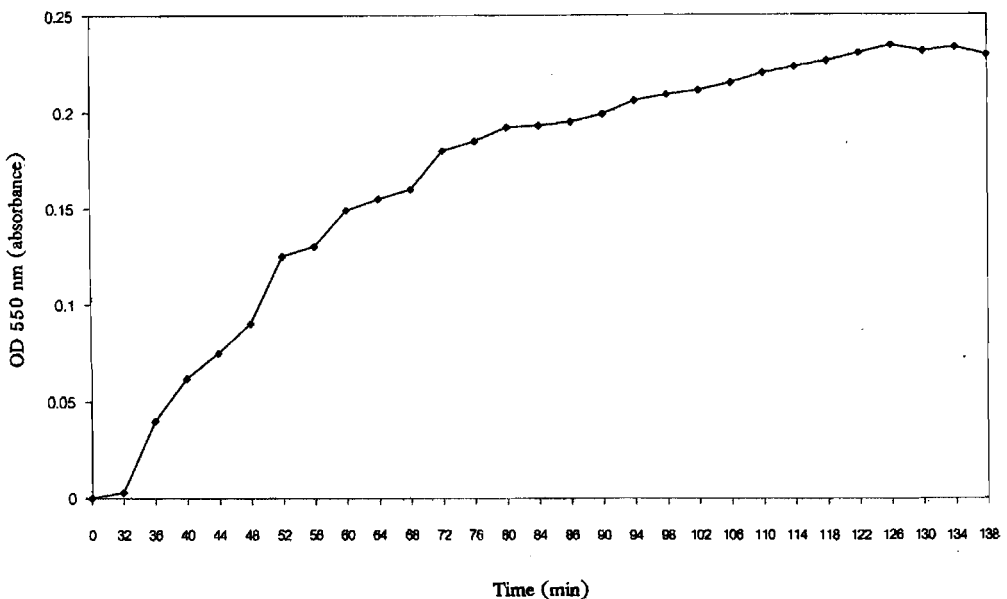


Figure 1 Growth curve of *Acetobacter xylinum* TISTR 893 in adapted medium broth which used coconut juice as a main component. (other components : sugar 5.0 %, acetic acid 2.0 % and ammoniumdihydrogen phosphate 0.5 %).

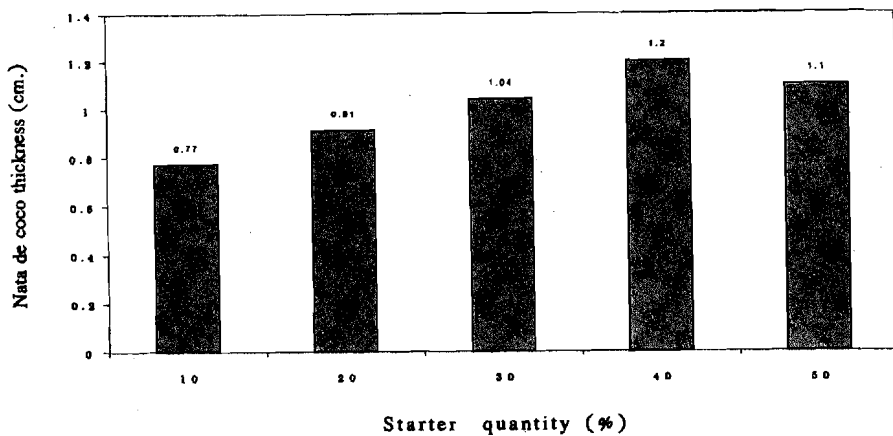


Figure 2 Nata de coco thickness when varied *Acetobacter xylinum* TISTR 893 starter quantities in adapted medium broth which used coconut juice as a main component.

การแปรปริมาณหัวเชื้อตั้งต้นของ *Acetobacter xylinum* TISTR 893 เป็น 5 ระดับนั้น ทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ต่อความหนาของวุ้นมะพร้าวที่เกิดขึ้น เมื่อทดลองแปรปริมาณหัวเชื้อตั้งต้นเป็นร้อยละ 40 พบว่า วุ้นมะพร้าวที่ได้มีความหนา 1.20 เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับความหนาของวุ้นมะพร้าวที่เกิดขึ้นเมื่อแปรปริมาณหัวเชื้อตั้งต้นที่น้อยกว่าร้อยละ 40 โดยสอดคล้องกับวรารุณีและคณะ (2535) ซึ่งพบว่าเมื่อใช้หัวเชื้อเข้มข้นร้อยละ 40 จะให้วุ้นมะพร้าวที่มีความหนาและน้ำหนักมากที่สุด ในขณะที่ความหนาของวุ้นมะพร้าวที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ปริมาณหัวเชื้อตั้งต้นร้อยละ 50 ไม่แตกต่างจากการใช้ปริมาณหัวเชื้อตั้งต้นร้อยละ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เนื่องจากสารอาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในอาหารเหลวสูตรคัดแปลงที่มีน้ำมะพร้าวเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลและแอมโมเนียมไคโอโครเจนฟอสเฟตนั้น อาจจะอยู่ในระดับที่

เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของหัวเชื้อตั้งต้นร้อยละ 40 เท่านั้น ดังนั้นเมื่อใส่หัวเชื้อตั้งต้นมากกว่าร้อยละ 40 จุลินทรีย์จึงไม่มีสับสเตรตสำหรับสร้างวุ้นมะพร้าวได้อีก (วรารุณีและคณะ, 2535) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงเลือกใช้ปริมาณหัวเชื้อตั้งต้นร้อยละ 40 ในการศึกษาขั้นต่อไป

ผลกระทบของน้ำตาลและแอมโมเนียมไคโอโครเจนฟอสเฟตที่มีต่อการผลิตวุ้นมะพร้าว

เมื่อทดลองแปรปริมาณน้ำตาลเป็นร้อยละ 6, 8 และ 1 และแปรความเข้มข้นของแอมโมเนียมไคโอโครเจนฟอสเฟตเป็นร้อยละ 0.4, 0.6 และ 0.8 ในอาหารสูตรคัดแปลงเพื่อผลิตวุ้นมะพร้าว พบว่าองค์ประกอบทั้งสองมีผลกระทบร่วมกันต่อขนาดของวุ้นมะพร้าวที่เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 3

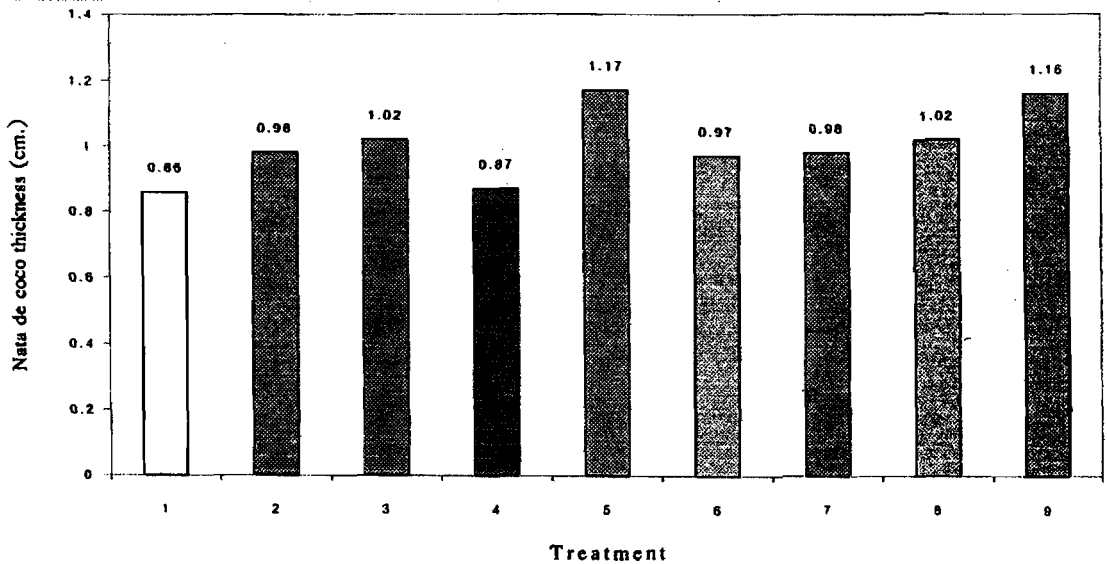


Figure 3 Interaction of sugar and ammonium dihydrogen phosphate that effected Nata de coco thickness when varied sugar and ammonium dihydrogen phosphate ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) quantities in adapted medium broth which used coconut juice as a main component. [% of sugar and $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ as follow; 6 and 0.4 (1), 6 and 0.6 (2), 6 and 0.8 (3), 8 and 0.4 (4), 8 and 0.6 (5), 8 and 0.8 (6), 10 and 0.4 (7), 10 and 0.6 (8), 10 and 0.8 (9)].

เมื่อปรับปริมาณน้ำตาลและแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในอาหารสูตรดัดแปลงเป็นร้อยละ 8 และ 0.6 ตามลำดับ *Acetobacter xylinum* TISTR 893 สามารถสร้างวุ้นมะพร้าวที่มีความหนา 1.17 เซนติเมตร ซึ่งเป็นความหนาที่ไม่แตกต่างจากการใช้ปริมาณน้ำตาลและแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในอาหารสูตรดัดแปลงเป็นร้อยละ 10 และ 0.8 ตามลำดับ แต่ในการวิจัยนี้เลือกใช้ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 8 และแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 0.6 ในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงเนื่องจากใช้ปริมาณวัตถุดิบที่น้อยกว่าน้ำตาลที่ใช้ นั้นเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับจุลินทรีย์ในการสร้างวุ้นมะพร้าว ในขณะที่ผลการศึกษาของสมศรี (2531) ใช้น้ำตาลร้อยละ 5 นั้น วราวุฒิและคณะ (2535) พบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 6 ทำให้ได้วุ้นมะพร้าวที่มีความหนาสูงสุด ส่วนการทดลองนี้เลือกใช้ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 8 นั้น พบว่า มีความสอดคล้องกับรายงานของสมคิด (2531) ที่ว่า

ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการผลิตวุ้นมะพร้าวคือร้อยละ 5-8

แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตจะทำหน้าที่เป็นแหล่งของไนโตรเจน *Acetobacter xylinum* TISTR 893 จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้เลยถ้าไม่มีไนโตรเจน (ทิพรัตน์, 2526) แม้ว่าน้ำมะพร้าวจะมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 1 (กรมอนามัย, 2530) แต่ก็ยังเป็นปริมาณที่น้อยมาก สมคิด (2530) จึงแนะนำให้เติมสารประกอบไนโตรเจนร้อยละ 0.5 - 0.6 เช่นเดียวกับการวิจัยนี้ที่พบว่าปริมาณแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่เหมาะสมคือ 0.5 นอกเหนือจากการใช้สารประกอบไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตแล้ว ยังสามารถใช้ในรูปแอมโมเนียมซัลเฟตได้ (วราวุฒิ และคณะ, 2535) แต่การใช้ในรูปแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตนั้นให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้แอมโมเนียมซัลเฟตและเปปโตเน (ทิพรัตน์, ม.ป.ป.)

การทดแทนน้ำมะพร้าวด้วยน้ำสับปะรดในการผลิต วุ้นมะพร้าว-สับปะรด

เมื่อนำน้ำสับปะรดมาทดแทนน้ำมะพร้าวในอาหาร
สูตรดัดแปลง ร้อยละ 25, 50 และ 75 แล้วผลิตวุ้น

มะพร้าวโดย *Acetobacter xylinum* TISTR 893 พบว่า
ความหนาของวุ้นมะพร้าว-สับปะรดที่เกิดขึ้นได้รับ
ผลกระทบจากปริมาณน้ำสับปะรดที่ใช้ทดแทนอย่าง
มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ดังภาพที่ 4

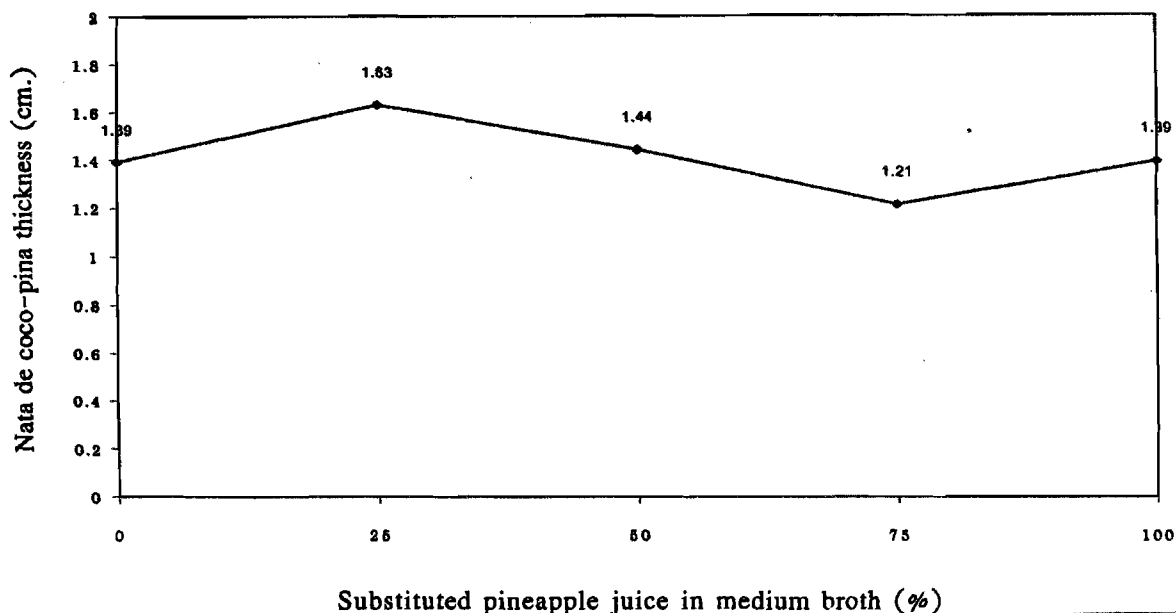


Figure 4 Effect of pineapple juice on nata de coco-pina thickness when substituted to coconut juice in adapted medium broth.

เมื่อทดแทนน้ำมะพร้าวในอาหารเหลว
สูตรดัดแปลงด้วยน้ำสับปะรดร้อยละ 25 พบว่าความ
หนาของวุ้นมะพร้าว-สับปะรดที่เกิดขึ้นมีค่าสูงสุดคือ
1.63 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าการทดแทนด้วยน้ำ
สับปะรดในระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p
ช 0.05) นั่นคือ แม้จะเพิ่มปริมาณน้ำสับปะรดให้สูง
ขึ้นก็ไม่ทำให้วุ้นมะพร้าวมีความหนามากขึ้น ซึ่งผล
การวิจัยนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกับทิพรรัตน์ (2526)
กล่าวคือ สามารถใช้น้ำสับปะรดทดแทนได้ร้อยละ
20 และเมื่อนำน้ำสับปะรดในสัดส่วนที่มากขึ้นความ
หนาของวุ้นมะพร้าวจะลดลง เมื่อพิจารณาจากองค์
ประกอบทางโภชนาการของน้ำมะพร้าวเปรียบ
เทียบกับน้ำสับปะรดแล้วพบว่าน้ำมะพร้าวมีปริมาณ

โปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก มากกว่า
ในน้ำสับปะรด โดยเฉพาะฟอสฟอรัสนั้นมีมากกว่า
ถึง 3 เท่า (กรมอนามัย, 2530) เนื่องจากการทำงาน
ของเอนไซม์ cellulose synthetase ของ *Acetobacter*
xylinum ต้องการ dinucleotide-c-di-GMP ซึ่งมีฟอสเฟต
เป็นส่วนประกอบ (Chang et al, 2001) ดังนั้นเมื่อเติม
น้ำสับปะรดลงไปแทนน้ำมะพร้าวในปริมาณที่มาก
ขึ้นจึงทำให้ปริมาณของฟอสเฟตในอาหารเหลวเพื่อ
การผลิตวุ้นลดลง เป็นสาเหตุให้ขนาดของวุ้น
มะพร้าว-สับปะรดลดลงเมื่อมีการทดแทนด้วยน้ำ
สับปะรดมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำผลไม้อื่น ๆ มา
ทดแทนน้ำมะพร้าวนั้นสามารถกระทำได้ แต่ต้อง

ปรับเปลี่ยนภาวะต่าง ๆ ตลอดจนสารอาหารต่าง ๆ ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ดังเช่น ธนพล(2539) ได้ทดลองใช้น้ำมะเขือเทศในการผลิตวุ้นจาก *Acetobacter xylinum* พบว่าจำเป็นต้องใช้น้ำมะเขือเทศความเข้มข้นที่สูงมาก อีกทั้งเพิ่มปริมาณน้ำตาลถึงร้อยละ 10 จึงจะให้ผลผลิตที่ดี ส่วน Nakayama *et al.* (2001) ใช้น้ำสตรอเบอร์รี่ในการผลิตวุ้นจาก *Acetobacter xylinum* พบว่า ต้องใช้น้ำตาลกลูโคสในการผลิตเป็นต้น

ระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์วุ้นมะพร้าว-สับปะรดในน้ำสับปะรด

เมื่อนำวุ้นมะพร้าว-สับปะรดในน้ำสับปะรดมาปรับความเป็นกรด-ด่างเป็น 3.6, 4.0 และ 4.4 ด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 แล้วทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการอบรมจำนวน 30 คน เพื่อประเมินค่าการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม โดยการให้คะแนนแบบ hedonic scale ให้ผลดังตารางที่ 1

Table 1 Sensory evaluation of nata de coco-pina in pine apple juice with various pH.

pH	Color	Odor	Taste	Texture	Total Acceptance
3.6	7.20 ^a	7.27 ^a	6.13	6.06	6.73
4.0	6.23 ^{ab}	6.86 ^{ab}	6.43	5.15	6.50
4.4	6.37 ^{ab}	6.30 ^b	6.83	6.06	6.56

Mean which are not sharing a common letter are significantly different ($p \geq 0.01$) in the same column as determined by LSD 1 = extremely disliked 9 = extremely liked

ผลิตภัณฑ์วุ้นมะพร้าว-สับปะรดในน้ำสับปะรดที่มีความเป็นกรด-ด่าง 3.6 มีผลการประเมินทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและกลิ่นสูงสุด โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเป็นกรด-ด่าง 4.0 และ 4.4 ในขณะที่ ทางด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.01$) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงเลือกความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์วุ้นมะพร้าว-สับปะรดในน้ำสับปะรดเท่ากับ 3.6 ซึ่งเป็นผลเช่นเดียวกับเชดชัยและวราวุฒิ (2536)

สรุป

การผลิตวุ้นมะพร้าว-สับปะรด ใช้จุลินทรีย์ *Acetobacter xylinum* TISTR 893 ซึ่งมีกิจกรรมทางชีวเคมีสูงสุดที่อายุ 80 ชั่วโมง และใช้ในปริมาณร้อยละ 40 จะให้ผลผลิตที่มีความหนาสูงสุดในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีน้ำมะพร้าวเป็นวัตถุดิบหลักสำหรับปริมาณน้ำตาลและแอมโมเนียไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดังกล่าวคือน้ำตาลร้อยละ 8 และแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 0.6 การทดแทน

น้ำมะพร้าวด้วยน้ำสับปะรดที่ให้ผลผลิตของวุ้นมะพร้าว-สับปะรดดีที่สุดคือ ใช้น้ำสับปะรดร้อยละ 25 ในอาหารเหลวคัดแปลงที่มีน้ำมะพร้าวเป็นวัตถุดิบหลัก ดังนั้น อาหารเหลวสูตรคัดแปลงเพื่อการผลิตวุ้นมะพร้าว-สับปะรดจึงประกอบด้วย น้ำสับปะรดร้อยละ 25 น้ำตาลร้อยละ 8 กรดน้ำส้มร้อยละ 2 แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 0.6 แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำมะพร้าว โดยทำการผลิตในภาชนะปากกว้างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ภายใต้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ในการผลิตวุ้นมะพร้าว-สับปะรดในน้ำสับปะรด ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการอบรมให้ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสีและกลิ่นสูงที่สุด เมื่อปรับความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 3.6

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์. 2517. วุ้นน้ำส้ม. ข่าวกรมวิทยาศาสตร์ 75:16-17.
- กรมวิทยาศาสตร์. 2518. วุ้นน้ำส้ม. รายงานกิจกรรมกรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม ประจำปีงบประมาณ 2517-2518. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ. 184 หน้า.
- กรมอนามัย. 2530. ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ. 48 หน้า.
- เชิดชัย ตั้งอมรสุขสันต์ และ วราวุฒิ ครุส่ง. 2536. ผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์ผสมน้ำลิ้นจี่. อาหาร 23 (2) : 108-114.
- ชนพล บัวศรี. 2539. วุ้นสวรรค์จากน้ำมะเขือเทศและการเพิ่มผลผลิต. บทความย่อยการศึกษาวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี 7(18):36.
- พะเยาว์ รอดโพธิ์ทอง. 2538. การทำวุ้นสวรรค์. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 10(2):116-117.
- ทิพรัตน์ หงษ์ทรี. 2526. วุ้นสวรรค์ : ปัจจัยสำคัญในการผลิตวุ้นสวรรค์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.
- พันชันรงค์ จันทร์แสงศรี. 2542. การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเวย์ในเครื่องปฏิกรณ์ถังกวน. วารสาร ม.ก.ค. 19(2) : 48-55.
- พันชันรงค์ จันทร์แสงศรี, ชีรยุทธ จันทร์ทอง, วาริช ศรีละออง, อนุมัติ อารี และ อมรรัตน์ กุลโสภณพงศ์. 2535.
- การใช้ประโยชน์ของเสีย ตอนที่ 2 : การผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์เสียโดยเซลล์ *Acetobacter aceti* TISTR 102 ตรึงรูปในแคปซูล-คาราจีแนน. ใน : เอกสารการประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
- ครั้งที่ 22. วันที่ 16-18 ตุลาคม 2539. กรุงเทพฯ. เซนทรัลพลาซ่า. หน้าที่ 488-489.
- วราวุฒิ ครุส่ง. 2536. การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์ในน้ำลิ้นจี่. อุตสาหกรรมเกษตร 4(2) : 5-9.
- วราวุฒิ ครุส่ง, นฤมล ชูวัฒนะเดช, เชิดชัย ตั้งอมรสุขสันต์ และอินทรา ปรงเลิศบัวทอง. 2535.
- การผลิตวุ้นสวรรค์จากน้ำมะพร้าว. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 10(4) : 46-60.
- สมคิด ชรรมรัตน์. 2530. วุ้นจากน้ำมะพร้าว. กสิกร 60 (5):433-435.
- สมคิด ชรรมรัตน์. 2531. การผลิตวุ้นน้ำมะพร้าวและการแปรรูป. อาหาร 18(4) : 250-262.
- สมศรี ลิปิพัฒน์วิทย์. 2531 การหาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับทำวุ้นสวรรค์จากน้ำมะพร้าวแก่. อาหาร 18(4) : 239-249.
- สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2537. วุ้นน้ำส้ม. ฉลาดบริโภค 3 (19):29-31.
- อุดมศักดิ์ อนุโณส. 2519. วุ้นสวรรค์. วิทยาศาสตร์การอาหาร 8(3) : 19-22.

- Alcamo, I. E. 1997. Fundamental of Microbiology. 5th ed. Addison Wesley Longman, Inc., California. 592 p.
- Atthasumpunna, P. 1995. TISTR Culture Collection. 5th ed. Thailand Institution of Scientific and Technological Research. Bangkok. 173 p.
- Chang, A. L., Tuckerman, J. R., Gonzalez, G., Mayer, R., Weinhouse, H., Volman, G., Amikam, D., Benziman, M., and Gilles-Gonzalez, M. 2001. Phosphodiesterase A1, a regulator of cellulose synthesis in *Acetobacter xylinum*, is a heme-based sensor. Biochemistry 40 (12) : 3420-3426.
- Nakayama, H., Mochizuki, K., Suzuki, T., Dohi, S., Kato, A., and Tanifuji, S. 2001. July 15. Nate production from strawberry juice by *Acetobacter xylinum*. [www.s-iri.pref.shizuoka.jp/s8/s8_40/s8_40_10.htm]
-