บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

1. วุ้นมะพร้าว

วุ้นมะพร้าวเป็นโพลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งที่เป็นเซลลูโลส (cellulose) โครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส (glucose)หลายตัว มาต่อเชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง $\beta \rightarrow (1,4)$ วุ้นมะพร้าวมีคุณสมบัติในการละลาย การตกผลึก และองค์ประกอบอื่น ๆ เหมือนเซลลูโลสที่ได้จากฝ้าย (มณชัย เดชสงกรานนท์, 2547) วุ้นมะพร้าวมีชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า Bacterial cellulose เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักอาหารเหลว ไม่ว่าจะเป็นน้ำผัก น้ำผลไม้ หรืออาหารเลี้ยงเชื้อในห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาโดยใช้เชื้อแบคทีเรียชื่อ *Acetobacter xylinum* การเรียกชื่อวุ้นมะพร้าวจะเรียกตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาหมัก หากหมักด้วยน้ำมะพร้าวทางฟิลิปปินส์จะเรียกว่า Nata de CoCo หากหมักด้วยน้ำสับปะรดจะเรียกว่า Nata de Pina นอกจากนี้ยังมีชื่อเรียกอีกหลายอย่าง เช่น วุ้นสวรรค์ เห็ดกัมพูชา เห็ดรัสเซีย และวุ้นน้ำส้ม เป็นต้น แผ่นวุ้นมะพร้าวที่ผลิตโดยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter xylinum* เป็นสารเซลลูโลสมีลักษณะเป็นเยื่อเหนียว มีสีขาว สีครีม และทึบแสง ลักษณะทางกายภาพจะคล้ายวุ้น (agar) ทำขนมแต่วุ้นมะพร้าวจะเหนียวกว่า เมื่อต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสก็ไม่ละลายน้ำยังคงรูปไม่เปลี่ยนแปลง

ประเทศไทยเริ่มรู้จักวุ้นมะพร้าวตั้งแต่ปี 2528 เนื่องจากแม่น้ำแม่กลองเกิดการเน่าเสียเนื่องจากโรงกะเทาะมะพร้าว แล้วเทน้ำมะพร้าวทิ้งลงไปในแม่น้ำ ทำให้มีนักวิจัยหลายทีมเข้าไปดำเนินการแก้ไขแต่ไม่สำเร็จเนื่องจากน้ำมะพร้าวที่ทิ้งในแต่ละปีมีปริมาณมากถึง 3 แสนตัน ต่อมาทีมนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์คือทีมงานของท่านอาจารย์ปราโมทย์ ธรรมรัตน์ ได้เข้าไปดำเนินการแก้ไขตั้งแต่ต้นเหตุ คือ การนำน้ำมะพร้าวเหล่านั้นมาผลิตเป็นวุ้นมะพร้าว แม่น้ำแม่กลองก็กลับมาสดใสอีกครั้ง และยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับชาวบ้านอีกด้วย (ชมรมต่อยอดเทคโนโลยีและนวัตกรรม, 2550)

1.1 ประโยชน์ของวุ้นมะพร้าว

วุ้นมะพร้าวเป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ คือมีปริมาณแคลลอรี่ต่ำและมีกากอาหาร (fiber) ในปริมาณสูง รวมทั้งยังมีแร่ธาตุและวิตามินต่าง ๆ อยู่อีกหลายชนิด นอกจากนี้เซลลูโลสยังจัดเป็นสารอาหารประเภทเส้นใยที่บริโภคในแง่เป็นยารักษาโรค

(medical food) ซึ่งเชื่อกันว่าสามารถรักษาโรคได้หลายชนิด โดยเฉพาะโรคท้องผูก โรคริดสีดวงทวาร และช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้ และเนื่องจากวุ้นมะพร้าวมีปริมาณใยอาหารสูง จึงสามารถป้องกันโรคต่าง ๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมัน และช่วยลดระดับคลอเลสเตอรอลในเลือด รวมถึงช่วยระบบย่อยอาหารและการขับถ่ายได้ดี ไฟเบอร์ของวุ้นมะพร้าวเป็น gel form ร่างกายนำมาใช้ประโยชน์ได้ง่ายกว่าไฟเบอร์จากพืชจึงสามารถใช้เป็นอาหารแทนเนื้อสัตว์ได้ เช่น ใช้ทำเป็นอาหารมังสวิรัติ เพื่อให้ได้เส้นใยแทนการบริโภคโปรตีนจากเนื้อสัตว์ (เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง และคณะ, 2543) นอกจากนี้วุ้นมะพร้าวยังมีการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเกษตร อุตสาหกรรมการพิมพ์ อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมไฟฟ้า

1.1.1 อุตสาหกรรมอาหาร

- สำหรับทำอาหารคาว
- อาหารมังสวิรัติ
- อาหารเจ

1.1.2 อุตสาหกรรมการเกษตร

- ใช้ผสมในน้ำยาฉีดพ่น พืชผักและผลไม้ ช่วยให้ตัวยาติดกับต้นพืชได้ดี ทั้งสามารถย่อยสลายได้ง่าย ไม่เป็นอันตรายต่อสวาวะแวดล้อม

1.1.3 อุตสาหกรรมการพิมพ์

- แผ่นฟิล์มกระดาษจากวุ้น
- ใช้ทำกาวเนื่องจากมีลักษณะเป็นเจล เหนียว มีคุณสมบัติเป็น Binding Agent
- นำไปผสมในการทำกระดาษพิมพ์ ช่วยลดฝุ่นจากกระดาษ ผิวกระดาษมีความเหนียวและแข็งขึ้น

1.1.4 อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

- ใช้ผสมกับเครื่องสำอางชนิดสเปรย์ เพื่อใช้เครื่องสำอางค์ติดผิวได้ดีขึ้น

1.1.5 อุตสาหกรรมไฟฟ้า

- ทำวัสดุทนไฟ มีคุณสมบัติพิเศษ ไม่ติดไฟ นำมาทำเป็นวัสดุทนไฟได้ (electric double layer capacitor)
- สามารถใช้ทำกรวยลำโพง ให้คุณภาพเสียงดีเยี่ยม และยืดหยุ่นดีได้ ให้ความถี่เสียงได้สูงกว้างกว่าวัสดุทำกรวยอื่น ๆ (ปราโมทย์ และคณะ, 2547)

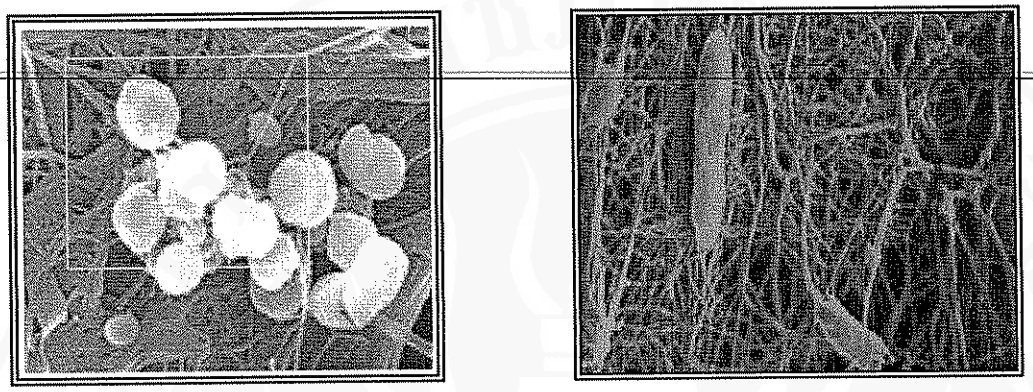
ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารในวุ้นมะพร้าว

สารอาหาร	กรมวิทยาศาสตร์บริการ	กองเกษตรเคมี
น้ำ (%)	94.40	94.60
ไขมัน (%)	0.05	0.06
ไฟเบอร์ (%)	1.10	1.15
โปรตีน (%)	0.68	0.84
เถ้า (%)	0.77	0.10
คาร์โบไฮเดรต (%)	3.00	3.20
แคลเซียม (mg/100 mg)	34.50	5.20
เหล็ก (mg/100 mg)	0.20	-
ฟอสฟอรัส	22.0	5.70
วิตามินบี 1	0.01	-
วิตามินบี 2	0.02	-
ไนอาซิน	0.22	0.22

ที่มา : อมรศรี ตุ้ยระพิงค์ (2541)

1.2 แบคทีเรียที่ใช้ในการหมัก

แบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตวุ้นมะพร้าวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า อะซิโตแบคเตอร์ อะซิไตสับสปีชีส์ ไซลินัม (*Acetobacter aceti subspecies xylinum*) หรือ *Acetobacter xylinum* หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า อะซิติกเอซิกแบคทีเรีย (acetic acid bacteria) เป็นจีนัสหนึ่งซึ่งเซลล์มีรูปร่างกลมและรี ดังแสดงในภาพที่ 1 (ก) หรือลักษณะเป็นรูปท่อน ขนาดกว้าง 0.6-0.8 ไมครอน ยาว 1.0-3.0 ไมครอน อยู่เดี่ยว ๆ เป็นคู่หรือเป็นสายยาว บางสปีชีส์ (species) มีรูปร่างไม่แน่นอน เช่น กลม ยาว รูปถ้วย โค้ง หรือแตกสาขา ดังแสดงในภาพที่ 1 (ข) บางชนิดเคลื่อนที่ได้โดยอาศัย peritichaus flagella ไม่สร้างเอนโดสปอร์ (endosperm) เซลล์ที่ยังอ่อนอยู่ติดสีแกรมลบส่วนเซลล์แก่จะย้อมติดสีไม่แน่นอน (เพียงใจ ดารีเย๊าะ และวัชราภรณ์ ปรีชาวินิจกุล, 2547)



ก. แบคทีเรียรูปกลม ข. แบคทีเรียรูปท่อน

ภาพที่ 1 ลักษณะเส้นใยเซลลูโลส

เชื้อ *Acetobacter xylinum* จะสร้างสายเซลลูโลสที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 0.01-0.1 ไมโครเมตร ออกมาจนกระทั่งเมื่อระยะเวลาผ่านไปเชื้อจะถูกล้อมรอบด้วยสายเซลลูโลส และเมื่อสายเซลลูโลสหลาย ๆ สายมารวมกันจะเกิดเป็นลักษณะแผ่นฟิล์มบาง ๆ กั้นระหว่างอากาศกับอาหารเลี้ยงเชื้อและเมื่อสายเซลลูโลสนี้มีปริมาณมากพอก็จะรวมตัวกันเป็นแผ่นหนา มีสีขาวขุ่น เกิดเป็นวุ้นน้ำมะพร้าวลอยขึ้นมาที่ผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยที่อัตราการสร้างเซลลูโลสเท่ากับ 2 ไมโครเมตรต่อนาที สำหรับลักษณะ Gram strain ของเชื้อ *Acetobacto xylinum* จะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุของเชื้อ เชื้อส่วนที่อยู่ในเซลลูโลสจะเป็นแกรมบวก ส่วนเชื้อที่อยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อจะเป็นแกรมลบ (Saturnino-Dimaguila, 1967 อ้างโดย เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง และคณะ, 2543) ดังนั้นเชื้อ *Acetobacter xylinum* ที่อยู่ในสายของเซลลูโลสจะเป็นเชื้อที่อายุมากกว่าเชื้อที่อยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เชื้อ *Acetobacter xylinum* ที่ใช้ในการผลิตวุ้นมะพร้าวจะต้องมีปริมาณของเชื้อที่มากพอที่จะทำให้เกิดการสร้างวุ้นน้ำมะพร้าวได้ โดยทั่วไปแล้วเชื้อจะสามารถผลิตเซลลูโลสได้ดีที่สุดเมื่อทำการเลี้ยงในสภาวะนิ่ง แต่ในความเป็นจริงแล้วสำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรมจะไม่เหมาะสมกับการเลี้ยงเชื้อ *Acetobacter xylinum* ในสภาวะการเลี้ยงแบบสภาวะนิ่ง เนื่องจากต้องใช้เวลานานและสูญเสียแรงงานมาก

1.3 สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Acetobacter xylinum*

การศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อ *Acetobacter xylinum* จะเกี่ยวข้องกับลักษณะของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ หลายประการที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของเชื้อ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อัตราการให้อากาศ และอัตราการกวน

1.3.1 อุณหภูมิ

เชื้อจุลินทรีย์ ความต้องออกซิเจนของเชื้อจุลินทรีย์สามารถนำมาใช้ในการแยกประเภทและคัดเลือกอุณหภูมิเป็นสภาพแวดล้อมที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต และการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิด นอกจากนี้ยังสามารถใช้อุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักในการแยกชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการได้ เชื้อ *Acetobacto xylinum* จัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์ชนิด Mesophile microorganism ซึ่งเป็นกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 25-40 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เชื้อเจริญเติบโตดีที่สุดคือที่อุณหภูมิเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส นอกจากนี้เชื้อ *Acetobacter xylinum* ยังสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิกว้างคือในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 8-42 องศาเซลเซียส

1.3.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

โดยทั่วไปแล้วเชื้อจุลินทรีย์จะสร้างเอนไซม์ (Enzyme) ที่ทำหน้าที่ในกระบวนการเจริญเติบโตของเชื้อซึ่งจะถูกควบคุมด้วยกระบวนการเมทาบอลิซึม โดยเอนไซม์นี้จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม (optimum pH) ต่อการทำงานเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น เชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตแตกต่างกันไป บางชนิดจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตเพียงค่าเดียว ในขณะที่บางชนิดจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างที่กว้าง ถ้าเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ชนิดนั้นไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมกับการสร้างเซลลูโลสของเชื้อ *Acetobacter xylinum* จะมีค่าอยู่ในช่วง 4.0-6.0 (Masaoka et al.,1993 อ้างโดย เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง และคณะ, 2543)โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่สร้างเซลลูโลสดีที่สุดเท่ากับ 5.5 (Schramm and Hestrin, 1954 อ้างโดยเพ็ญจันทร์และคณะ, 2543) และช่วงของค่าความเป็นกรด-ด่างที่เชื้อ *Acetobacter xylinum* สามารถเจริญเติบโตได้เท่ากับ 3-8 โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อมากที่สุดจะเท่ากับ 3.5-4.0 (Saturnino-Dimaguila,1997 อ้างโดย เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง และคณะ, 2543)

1.3.3 ออกซิเจน

ออกซิเจนเป็นสารอาหารชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสายพันธุ์ของเชื้อจุลินทรีย์ได้ เชื้อ *Acetobacter xylinum* จัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์ประเภท Obligate aerobic หรือ Aerobic microorganism ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนเท่านั้นโดยจะมี

เอนไซม์ Superoxide dimutase เปลี่ยน Superoxide ที่เกิดขึ้นจากการรีดิวซ์ออกซิเจนของเชื้อให้เป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็นพิษต่อเชื้อ แต่เนื่องจากเชื้อจะมีเอนไซม์อีกชนิดหนึ่งคือเอนไซม์ Cayalase ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำและออกซิเจน ความต้องการออกซิเจนของเชื้อจุลินทรีย์จะขึ้นกับองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อด้วย ถ้าองค์ประกอบในอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นสารที่เชื้อสามารถนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็วจะทำให้เชื้อมีอัตราการเจริญที่สูง ส่ง ผลมีความต้องการออกซิเจนสูงตามไปด้วย แต่ถ้าองค์ประกอบในอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นสารอาหารจำพวกแป้งหรือสารโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) อื่นๆ จะทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อมีความหนืดสูง เป็นผลทำให้การส่งผ่านออกซิเจนในถังหมักลดลง และทำให้เชื้อในถังหมักมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงได้ ดังนั้นจึงต้องมีการกวนและการให้อากาศแก่เชื้อในถังหมักให้เพียงพอกับความต้องการของเชื้อ และไม่ทำให้เชื้อสร้างเซลลูโลสหรือสร้างน้อยที่สุด

1.3.4 อัตราการให้อากาศ

เนื่องจากเชื้อ *Acetobacter xylinum* เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องอาศัยออกซิเจนในการเจริญเติบโต ดังนั้นในการเลี้ยงเชื้อ *Acetobacter xylinum* ในถังหมักจึงต้องมีการให้ออกซิเจนอยู่ตลอดเวลา

1.3.5 อัตราการกวน

การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ในถังหมักที่มีการให้อากาศเพียงอย่างเดียว อาจเกิดปัญหาอันเนื่องมาจากประสิทธิภาพการส่งผ่านอากาศจาก sparger ไปสู่เชื้อจุลินทรีย์ไม่ดีเพียงพอ ดังนั้นจึงต้องมีการใช้ใบกวนในถังหมักด้วย การกวนในถังหมักมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือเพื่อเป็นการผสมให้เชื้อจุลินทรีย์รวมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ และกระจายออกซิเจนให้เชื้อจุลินทรีย์ได้รับอย่างทั่วถึง (เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง และคณะ, 2543)

นอกจากนี้ Acetobacter สามารถออกซิไดส์อินทรีย์สารเป็นกรดอินทรีย์ เช่น เปลี่ยนเอทธานอลเป็นกรดอะซิติก (acetic acid) เปลี่ยนกลูโคสเป็น 5-ketogluconic acid และกรดกลูโคนิกเปลี่ยนกลีเซอรอลและซอร์บิทอลเป็นไดไฮดรอกซีอะซิโตน (dihydroxyacetone) ได้ นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนกรดอะซิติก และกรดแลกติกเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำได้ (เพียงใจ ดารีเย๊าะ และวัชราภรณ์ ปรีชาวินิจกุล, 2547)

ลักษณะที่สำคัญของเชื้อ *Acetobacter xylinum* คือต้องการอากาศในการเจริญเติบโต สามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิ 5-42 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เหมาะสม

ที่สุดคือ 30 องศาเซลเซียส และต้องการอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 5.4-6.3 มีค่า G+C content ของ DNA อยู่ในช่วงร้อยละ 55-64 โมล และมีเอนไซม์คะตะเลส

Acetic acid bacteria มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. สามารถออกซิไดส์เอทานอลให้เป็นกรดอะซิติกได้ดังสมการ

$$2CH_3CH_2OH + 2O_2 \rightarrow 2CH_3COOH + 2H_2O$$

จึงมีประโยชน์ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำส้มสายชู แต่จะให้โทษในการผลิตเครื่องดื่มประเภทที่มีแอลกอฮอล์

2. บางชนิดมีประโยชน์ในการสังเคราะห์กรดแอสคอร์บิค (ascorbic acid) โดยที่แบคทีเรียจะทำหน้าที่ออกซิไดซ์ซอร์บิทอล (sorbital) ให้เป็นซอร์โบส (sorbose)

3.บางชนิดสามารถผลิตเมือกจับตัวกันเป็นแผ่นหนาที่ผิวหน้าของถังหมัก น้ำส้มสายชูก่อให้เกิดปัญหาในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำส้มสายชู

1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตวุ้นมะพร้าว

การผลิตวุ้นมะพร้าวที่มีคุณภาพดี คือ ได้ผลผลิตสูง วุ้นมีสีขาว เนื้อสัมผัสเนียนนุ่ม และเหนียวพอเหมาะ การควบคุมสภาวะในการหมักที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดนี้ คือ

1.4.1 ปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้น

เชื้อแบคทีเรียที่พบในการหมักน้ำส้มสายชูตามธรรมชาติ โดยทั่วไปมีชื่อว่า *Acetobacter aceti subspecies xylinum* หรือ *A. xylinum* หากต้องการผลิตวุ้นให้ได้ผล และมีประสิทธิภาพดีควรเลือกใช้เชื้อที่บริสุทธิ์ที่แยก และคัดเลือกแล้วว่าเหมาะสมสำหรับการผลิตวุ้นมะพร้าวปริมาณหัวเชื้อ (inoculums) ที่ใช้ในการผลิตวุ้นจะต้องใช้ปริมาณที่มากพอเพื่อให้สร้างวุ้นช่วงแรกได้ทันกับเชื้อที่ติดวุ้นมาจากน้ำหมัก หรือเชื้อปนเปื้อนลงไปในระหว่างการหมัก โดยพบว่าปริมาณหัวเชื้อ (inoculums) ที่เหมาะสมที่สุดในช่วงร้อยละ 10-20 ของน้ำหมัก (Alban, 1962) จะทำให้ผลผลิตของวุ้นที่หนามากที่สุด แต่ถ้าใช้ปริมาณ inoculums ที่มากกว่านี้ปรากฏว่าปริมาณผลผลิตกลับลดต่ำลง การเติมหัวเชื้อเริ่มต้นทำได้โดยการนำเชื้อจากหลอดอาหารวุ้นเอียงใสในอาหารเหลวซึ่งประกอบด้วยน้ำมะพร้าว น้ำตาลทราย และแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมกับเชื้อที่ใช้แล้วนำมาเขย่าเพื่อให้อากาศ หรือตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง (สมคิด ธรรมรัตน์, 2531)

ในการเตรียมหัวเชื้อประกอบด้วย การเตรียมอาหารน้ำมะพร้าวใส่ลงในหลอดทดลองหรือขวดรูปชมพู่อย่างละ 5 และ 100 มิลลิลิตร ทำการฆ่าเชื้อแล้วทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเติมเชื้อ *A. xylium* ลงในหลอดทดลองแล้วนำไปเข้าเครื่องเขย่าเป็นเวลานาน 3 วัน จึงถ่ายลงในขวดรูปชมพู่นำเข้าเครื่องเขย่าอีก 3 วัน เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตวุ้นน้ำมะพร้าวต่อไป (วราวุฒิ ครูส่ง, 2539 อ้างโดย เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง และคณะ, 2543) การเตรียมหัวเชื้อ *A. xylinum* ควรเตรียมในวันที่หัวเชื้อ *A. xylinum* เริ่มมีการสร้างแผ่นวุ้นน้ำมะพร้าวปริมาณเล็กน้อยขึ้นบ้างแล้วเนื่องจากเชื้อเหล่านี้มีการเจริญเติบโตในช่วง Logarithmic phase และอาจมีการเติมน้ำตาลทรายลงในน้ำมะพร้าวที่ใช้เป็นอาหารของหัวเชื้อ *A. xylinum* (เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง และคณะ, 2543) ในอัตราส่วนน้ำตาลทรายน้ำหนัก 1 ขีดต่อน้ำมะพร้าวที่ใช้ปริมาตร 2 ลิตร (ภาวิณีย์ เจริญยิ่ง, 2542 อ้างโดย เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง และคณะ, 2543) เป็นการเพิ่มปริมาณแหล่งของธาตุคาร์บอน (carbon source) ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *A. xylinum* และเนื่องจากน้ำมะพร้าวที่นำมาใช้ในแต่ละครั้งอาจมีองค์ประกอบที่ไม่เหมือนกันหมดทุกครั้งไป การเติมน้ำตาลทรายลงไปในน้ำมะพร้าวจึงเป็นการช่วยให้แน่ใจได้ว่าเชื้อ *A. xylinum* จะสามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เนื่องจากได้รับแหล่งธาตุคาร์บอนที่พอเพียง นอกจากนี้อาจเติมกรดอะซิติกลงไปด้วยเพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *A. xylinum* และยังช่วยป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ เช่นเดียวกับการเติมเอทานอล (เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง และคณะ, 2543)

วิลาวัลย์ ศักดามี และมยุรีย์ ไชยวิจารย์ (2547) ทำการศึกษาปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตวุ้นมะพร้าว เป็น 5 ระดับ คือ 10 20 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้หัวเชื้อเริ่มต้น 30 เปอร์เซ็นต์ จะให้แผ่นวุ้นมะพร้าวหนาสุดเท่ากับ 1.49 เซนติเมตร

1.4.2 วัตถุดิบ

ควรใช้วัตถุดิบที่เป็นวัสดุที่เลือกหาได้ง่าย และมีคุณค่าทางอาหารเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย เช่น น้ำมะพร้าว น้ำสับปะรด น้ำอ้อย น้ำตาลปี๊บ และน้ำนมสด เป็นต้น โดยเลือกวัตถุดิบที่สดและใหม่ มีไขมันน้อย ไม่มีการปนเปื้อนของวัตถุดิบที่เน่าเสียมาก่อน โดยนำมาต้มเพื่อให้ไขมันละลาย และฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนก่อนนำมาใช้

กาญจนา โภคาอนันทต์ (2537) ศึกษาการผลิตวุ้นมะพร้าวจากน้ำมะพร้าวผสมน้ำฝรั่ง พบว่าการใช้น้ำมะพร้าวต่อน้ำฝรั่งในอัตราส่วน 80:20 ด้วยเชื้อ *Acetobacter xylinumTISTR* 107 และเชื้อ *Acetobacter xylinum* TISTR 998 จะให้แผ่นวุ้นหนาสุดเท่ากับ 1.95 และ 1.67 เซนติเมตร ตามลำดับ

อรอนงค์ วงษ์เอียด (2537) ศึกษาการผลิตวุ้นมะพร้าวจากน้ำมะพร้าวผสมน้ำอ้อย พบว่าอัตราส่วนของน้ำมะพร้าวต่อน้ำอ้อยระหว่าง 90:10 จะให้ความหนาของแผ่นวุ้นสูงสุด 2.10 เซนติเมตร เมื่อหมักด้วยเชื้อ *Acetobacter xylinum*

เพียงใจ ดารีเย๊าะ และวัชราภรณ์ ปรีชาวินิจกุล (2547) ศึกษาการผลิตวุ้นมะพร้าวจากลูกตาลแก่เพื่อใช้ทดแทนน้ำมะพร้าวในการผลิตวุ้นมะพร้าวจากเชื้อจุลินทรีย์ *Acetobacter xylinum* โดยแปรระดับความหวานต่างกัน 3 ระดับ พบว่า ความหวาน 15 องศ์ศาบริกซ์ จะให้แผ่นวุ้นหนาสูงสุด (1.2 เซนติเมตร)

วิลาวัลย์ ศักดามี และมยุรี ไชยวิจารย์ (2547) ศึกษาการทดแทนน้ำมะพร้าวด้วยน้ำชาเขียวในการผลิตวุ้นมะพร้าวด้วยน้ำชาเขียวร้อยละ 25 ด้วยเชื้อจุลินทรีย์ *Acetobacter xylinum* สามารถสร้างแผ่นวุ้นได้สูงสุด 1.81 เซนติเมตร ที่ระยะเวลา 10 วัน

อังคณา คงเกลี้ยง และอนิตษรา พุ่มสีชาย (2547) ศึกษาการผลิตวุ้นมะพร้าวจากน้ำเงาะ พบว่าการผลิตแผ่นวุ้นมะพร้าวใช้อัตราส่วนของน้ำเงาะต่อน้ำกรอง 1:1 โดยเชื้อ *Acetobacter xylinum* TISTR 086 จะทำให้แผ่นวุ้นหนาสุด

1.4.3 ก๊าซออกซิเจน

เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างแผ่นวุ้นมะพร้าวต้องการก๊าซออกซิเจนในการเจริญเติบโต ดังนั้นในการผลิตวุ้นมะพร้าวควรเลือกใช้ภาชนะในการหมักที่มีพื้นที่ผิวกว้างเพราะเชื้อจะสร้างวุ้นเฉพาะส่วนบนของอาหารที่ใช้หมักเท่านั้น และในระหว่างการหมักต้องไม่ให้มีการกระทบกระเทือน เพราะจะทำให้แผ่นวุ้นมะพร้าวจม เชื้อจะเจริญใหม่บนผิวหน้าของอาหารที่ใช้หมักแผ่นวุ้นมะพร้าวแผ่นใหม่ ทำให้แผ่นวุ้นบาง วัสดุที่ใช้ในการปิดโหลหรือขวดหมักควรจะระบายอากาศได้ เช่น ผ้าขาวบาง หรือกระดาษไม่ควรใช้แผ่นพลาสติก หรือผ้าที่หนาจนเกินไป (อังคณา คงเกลี้ยง และอนิตษรา พุ่มสีชาย, 2547)

1.4.4 กรดน้ำส้ม (acetic acid) และเอทานอล

แบคทีเรียกลุ่ม Acetobacter สามารถออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ไปเป็นกรดอะซิติกได้ แต่การสร้างวุ้นจะไม่เกิดขึ้นถ้าหากไม่มีกลูโคสในอาหาร นอกจากนี้แบคทีเรียในกลุ่มนี้ไม่สามารถเจริญในอาหารที่มีแอลกอฮอล์ ถ้าหากไม่มีการเติมกรดอะซิติกเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานทำให้ผลผลิตวุ้นมะพร้าวที่สูงขึ้นในระยะเวลาสั้น และแอลกอฮอล์ยังมีผลไปยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่น ซึ่งปนเปื้อนมากับน้ำมะพร้าวและกรรมวิธีการผลิตได้

สมศรี ลีปิพัฒนวิทย์ (2531) พบว่าเชื้อ *A. xylinum* สร้างแผ่นวุ้นมะพร้าวได้หนาสูงสุดเมื่อเติมแอลกอฮอล์ร้อยละ 6 ปริมาตร ในการผลิตวุ้นมะพร้าวให้ได้ผลผลิตสูงในระยะเวลาอันสั้น ควรเติมกรดน้ำส้ม และจากการทดลองของงานวิเคราะห์วิจัยวัสดุหรือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมกองเกษตรเคมี พบว่า ถ้าต้องการเก็บวุ้นภายใน 10 วัน โดยต้องการความหนาของแผ่นวุ้นประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร โดยปล่อยให้การหมักเกิน 10 วัน จะต้องเติมกรดน้ำส้มในปริมาณ 2.0-2.5 % ของน้ำหมัก จะทำให้เนื้อวุ้นที่ได้นิ่ม (สมคิด ธรรมรัตน์, 2531)

1.4.5 ปริมาณน้ำตาล

น้ำตาลจัดเป็นแหล่งของคาร์บอนให้เชื้อเจริญเติบโตและสร้างแผ่นวุ้นมะพร้าว ในการหมักวุ้นมะพร้าวเชื้อแบคทีเรียสามารถใช้น้ำตาลได้หลายชนิด เช่น เด็กซ์โตรส (dextrose) แลคโตส (lactose) กาแลกโตส (galactose) ซูโครส (sucrose) และมอลโตส (moltose) ทั้งนี้พบว่า น้ำตาลเด็กโตรสจะให้ความหนาแผ่นวุ้นสูงสุด รองลงมาได้แก่ ซูโครส ส่วนน้ำตาลชนิดอื่น ๆ จะให้แผ่นวุ้นที่บางและนิ่ม ดังนั้นน้ำตาลที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตวุ้นมะพร้าวคือ น้ำตาลซูโครส หรือน้ำตาลทรายร้อยละ 5-8 ของน้ำหนักที่ใช้หมัก หรือถ้าใช้ปริมาณน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำที่ใช้หมักจะทำให้เนื้อวุ้นที่ได้นั้นมีลักษณะนิ่ม (อมรศรี ตุ้ยระพิงค์, 2541)

เชิดชัย ตั้งอมรสุขสันต์ และวราวุฒิ ครูส่ง (2536) ทำการทดลองนำแผ่นวุ้นมะพร้าวที่ได้จากการหมักน้ำมะพร้าวในถาด โดยบ่มที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน มาศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการแปรรูปชิ้นวุ้น พบว่าการแช่น้ำโดยใช้อัตราส่วนชิ้นวุ้นต่อน้ำประปา (น้ำหนักต่อปริมาตร=1:500) เวลา 12-14 ชั่วโมง สามารถกำจัดกรดอะซิติกได้หมด

ส่วนการใช้น้ำลิ้นจี่เข้มข้น 10% ปรับความหวานเท่ากับ 40 องศาบริกซ์ ความเป็นกรด-ด่างเป็น 3.6 ด้วยกรดอะซิติก 10 % ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงสุดและสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้องไม่ต่ำกว่า4 สัปดาห์

จตุพร จันทร์รัตน์ และสิงขร ปลอดแคล้ว (2543) ศึกษาการผลิตวุ้นมะพร้าวและน้ำส้มสายชูจากสารละลายน้ำตาลโตนดเข้มข้น พบว่าการใช้สารละลายน้ำตาลโตนดเข้มข้น 15 องศาบริกซ์ สามารถผลิตวุ้นมะพร้าวและน้ำส้มสายชูได้ดีที่สุด เมื่อหมักครบ 15 วัน ได้แผ่นวุ้นหนา 3.10 เซนติเมตร และให้กรดน้ำส้มร้อยละ 2.337 แต่ระดับแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอตเฟตที่แตกต่างกัน 4 ระดับ มีผลต่อการผลิตวุ้นน้ำส้มและน้ำส้มสายชูของเชื้อที่คัดเลือกได้เพียงเล็กน้อย โดยที่ระดับแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอตเฟตที่ 0.5 กรัมต่อลิตร สามารถผลิตวุ้นมะพร้าวและกรดน้ำส้มได้ดีที่สุด ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ระดับร้อยละ 1 สามารถผลิตแผ่นวุ้นได้ดีที่สุดระยะเวลา 15 วัน ได้แผ่นวุ้นหนา 3.10 เซนติเมตร ที่ระดับร้อยละ 5 สามารถผลิตน้ำส้มได้ดีที่สุดร้อยละ 2.73

จารุวรรณ์ ศิริพรรณพร (2544) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตวุ้นมะพร้าวจากน้ำกะทิ พบว่าเมื่อใช้น้ำกะทิจากน้ำมะพร้าวแก่ ไม่ต้มและเจือจางด้วยน้ำประปา 60 เท่า ให้ผลผลิตวุ้นมากกว่าน้ำกะทิที่ต้มเดือด การเพิ่มปริมาณหัวเชื้อจาก 10 เป็น 15 % มีผลที่ทำให้ผลผลิตวุ้นมะพร้าวเพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มปริมาณน้ำตาลจาก 5 เป็น 7 % ผลผลิตวุ้นจะได้เพิ่มขึ้นจากความหนา 1.05 เซนติเมตร เมื่อใช้น้ำกะทิจากมะพร้าวแก่จัดเป็นวัตถุดิบในการผลิต ได้ผลผลิตวุ้นมากที่สุด คือมีความหนา 1.60 เซนติเมตร น้ำหนัก 636 กรัมต่อถาด พลาสติกใสขนาด 7x12x3 นิ้ว

1.4.6 สารประกอบไนโตรเจน

การเติมสารประกอบไนโตรเจนในการหมักวุ้นมะพร้าวจะช่วยเร่งปริมาณผลผลิตแผ่นวุ้นให้เพิ่มขึ้น สารประกอบไนโตรเจที่ใช้ได้ดีคือ แอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($NH_4H_2PO_4$) และแอมโมเนียมซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$ ในปริมาณ 0.5-0.6 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้ามีการนำมาใช้ในปริมาณมากกว่านี้จะทำให้การปริมาณผลิตลดต่ำลง (Araceli et al., 1967)

นัยทัศน์ ภู่ศรัณย์ และคณะ (2537) ได้ทำการทดลองหาปริมาณน้ำตาลแหล่ง และปริมาณของสารประกอบไนโตรเจน ปริมาณแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมกับการสร้างแผ่นวุ้นของ *Acetobacter xylinum* พบว่าการใช้แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1 กรัม แมกนีเซียมซัลเฟต 0.5 กรัม และแอลกอฮอล์ (95%) 50 มิลลิลิตร ต่อน้ำมะพร้าว 1 ลิตร จะได้วุ้นที่มีความหนา 1.5 เซนติเมตรในเวลา 10-12 วัน โดยที่วุ้นได้มีสีขาว และมีกากเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย

บุญเลิศ แซ่อ๋อง (2528) ได้ทดลองสร้างวุ้นในน้ำมะพร้าวโดยเชื้อ *Acetobacter xylinum* พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต หรือการสร้างวุ้นมะพร้าวในน้ำมะพร้าวควรใช้สูตรที่มีแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.1 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.05 เปอร์เซ็นต์ และแอลกอฮอล์ 5 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำมะพร้าวแก่ โดยให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นเท่ากับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิที่เหมาะสม คืออุณหภูมิห้อง (28-31 องศาเซลเซียส)

สมศรี ลีปิพัฒนวิทย์ (2531) ทดลองหาสูตรอาหารน้ำมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับการผลิตวุ้นมะพร้าว โดยใช้แบคทีเรีย *Acetobacter aceti* subspecies *xylinum* TISTR 86 ได้ผลสรุปว่าการทำวุ้นมะพร้าวจากน้ำมะพร้าวแก่ 1 ลิตร ปรับความเป็นกรด-ด่างเป็น 4.5 เติมน้ำตาลทราย 50 กรัมเอทิลแอลกอฮอล์ 60 มิลลิลิตร แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.5 กรัม แมกนีเซียมซัลเฟต 0.3 กรัม เมื่อหมักที่อุณหภูมิห้อง 27-32 องศาเซลเซียส จะได้แผ่นวุ้นหนา 2.5 เซนติเมตร ในเวลา 14 วัน การฟอกสีโดยใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์ แผ่นวุ้นที่ได้จะมีสีขาวเนื้อสีขาว เนื้อสัมผัสนุ่ม

ปรารถนา บัวเกิด และวีระ อวิคุณประเสริฐ (2535) ทำการทดลองพบว่าเมื่อเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter xylinum* TISTR 107 และ AGR 60 โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่น้ำมะพร้าวผสม น้ำสับปะรดในอัตราส่วน 80:20 เป็นแหล่งคาร์บอน แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.5 กรัมต่อลิตร เป็นแหล่งไนโตรเจน แมกนีเซียมซัลเฟต 0.5 กรัมต่อลิตร และเอทานอล (95 %) 10 มิลลิลิตรต่อลิตร ให้ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4.5 จะได้แผ่นวุ้นหนา 2.85 และ 2.60 เซนติเมตร ตามลำดับ และเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม

จตุพร จันทร์รัตน์ และสิงขร ปลอดแคล้ว (2543) สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นวุ้นคือ ใช้เชื้อ *A. xylinum* เลี้ยงในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำตาลโตนดเข้มข้น 15 องศาบริกซ์ แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.5 กรัมต่อลิตร แมกนีเซียมซัลเฟต 0.5 กรัมต่อลิตร และแอลกอฮอล์ 1 เปอร์เซ็นต์ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วันได้แผ่นวุ้นที่หนาที่สุด 3.10 เซนติเมตร

เพียงใจ ดารีเย๊าะ และวัชราภรณ์ ปรีชาวินิจกุล (2547) ใช้แมกนีเซียมซัลเฟต 0.3 กรัมสามารถสร้างแผ่นวุ้นได้หนาที่สุด 0.6 เซนติเมตร รองลงมาคือ 0.6 และ 0.9 กรัมตามลำดับ

1.4.7 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นมะพร้าวขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ถ้าใช้วัตถุดิบที่เป็นน้ำตาลซูโครส หรือกลูโคสจะปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้ต่ำได้ แต่ถ้าใช้กากน้ำตาลดิบการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ อาจมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา การปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้ต่ำ นอกจากมีผลดีต่อการผลิตกรดแล้ว ยังช่วยป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ชนิดอื่นด้วย (เพียงใจ ดารีเย๊าะ และวัชราภรณ์ ปรีชาวินิจกุล, 2547) เชื้อ *Acetobacter xylinum* สามารถเจริญได้ในอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 3.3-7.5 แต่ค่าที่เหมาะสมกับการสร้างวุ้นมะพร้าว คือ 5.0-5.5

สมศรี ลีปิพัฒนวิทย์ (2531) ศึกษาระดับความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมักเริ่มต้นที่ใช้ในการหมักวุ้นมะพร้าวโดยใช้กรดอะซิติกในการปรับค่า พบว่าการใช้กรดอะซิติกปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าวเป็น 4.5 เชื้อ *Acetobacter xylinum* สามารถสร้างแผ่นวุ้นที่มีความหนาสูงสุด 1.35 เซนติเมตร

พันธุ์ณรงค์ จันทร์แสงศรี (2545) ศึกษาถึงการทดแทนน้ำมะพร้าวด้วยน้ำสับปะรดในการผลิตวุ้นสวรรค์สับปะรด พบว่าอาหารเหลวสูตรดัดแปลงเพื่อการผลิตวุ้นสวรรค์สับปะรด ประกอบด้วยน้ำสับปะรดร้อยละ 25 น้ำตาลร้อยละ 8 กรดน้ำส้มร้อยละ 2 แอมโมเนียมฟอสเฟตร้อยละ 0.6 แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำมะพร้าว โดยทำการผลิตในภาชนะปากกว้างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ภายใต้อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 วัน ในการผลิตวุ้นสวรรค์สับปะรด เมื่อมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.6 จะให้ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสีและกลิ่นสูงสุด

เพียงใจ ดารีเย๊าะ และวัชราภรณ์ ปรีชาวินิจกุล (2547) เมื่อทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำต้มลูกตาลที่ใช้หมักเป็น 3 ระดับ คือ 4 4.5 และ 5 พบว่าการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำต้มลูกตาลที่ใช้หมักทั้ง 3 ระดับทำให้ความหนาของแผ่นวุ้นมะพร้าวที่ได้มีความหนาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

1.5 การเสื่อมเสียของวุ้นมะพร้าว

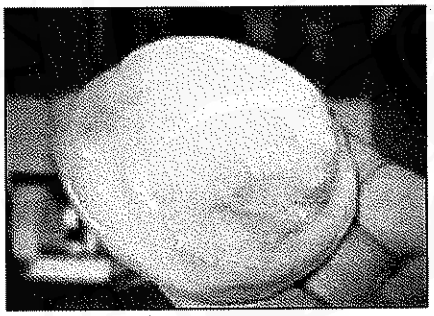
ในกระบวนการหมักวุ้นมะพร้าวมักจะมีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการปนเปื้อนอยู่ 3 กลุ่ม คือ

1.5.1 ยีสต์ ได้แก่ Candida , Saccharomyces , Klachera

1.5.2 แบคทีเรีย ได้แก่ Enterobacteriaceae และ Micrococcaceae

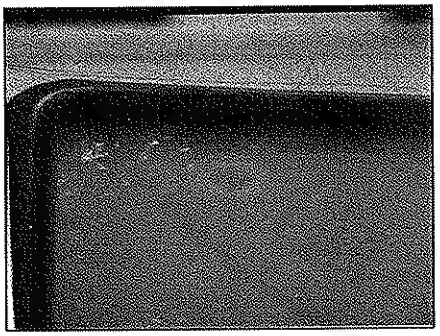
1.5.3 รา ได้แก่ *Rhizopus Fusarium* และ *Aspergillus*

ลักษณะการเสื่อมเสียของวุ้นมะพร้าวที่เกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์พวกยีสต์ รา และแบคทีเรีย จะทำให้แผ่นวุ้นที่ได้มีลักษณะผิดปกติแตกต่างกันไป ได้แก่ วุ้นเละไม่เกิดเป็นแผ่นลักษณะเนื้อวุ้นอ่อนตัว (ภาพที่ 2 ก) เนื้อวุ้นเป็นรู (ภาพที่ 2 ข) เกิดเชื้อราบนแผ่นวุ้น (ภาพที่ 2 ค) น้ำหมักขุ่น วุ้นเน่า แผ่นวุ้นหนาไม่สม่ำเสมอมีเมือกเกิดขึ้น (ภาพที่ 2 ง) วุ้นเกิดแผ่นแก๊สดันจนแผ่นวุ้นโค้งไม่เรียบ และเกิดจุดสีขาวบนเนื้อวุ้น ซึ่งสาเหตุเหล่านี้อาจจะมาจากกระบวนการเตรียมน้ำหมัก การฆ่าเชื้อ อุปกรณ์ ภาชนะที่ใช้ในการหมัก และขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อ ถ้ากระบวนการหมักมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ดังกล่าวจะส่งผลให้ปริมาณวุ้นมะพร้าวที่ได้ลดต่ำลง ดังนั้นในทุกขั้นตอนของกระบวนการหมักวุ้นมะพร้าวจะต้องรักษาความสะอาด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (การฝึกประสบการณ์วิชาชีพ สถาบันราชภัฏนครราชสีมา, 2546)

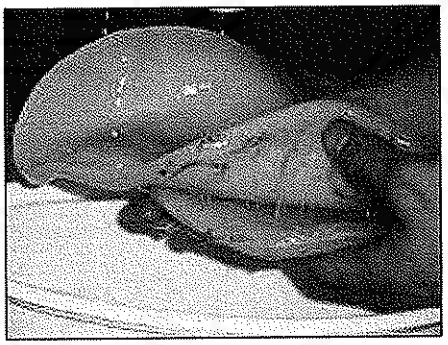


ก.เนื้อวุ้นอ่อนตัว

ข.เนื้อวุ้นเป็นรู



ค.เกิดเชื้อราบนแผ่นวุ้น



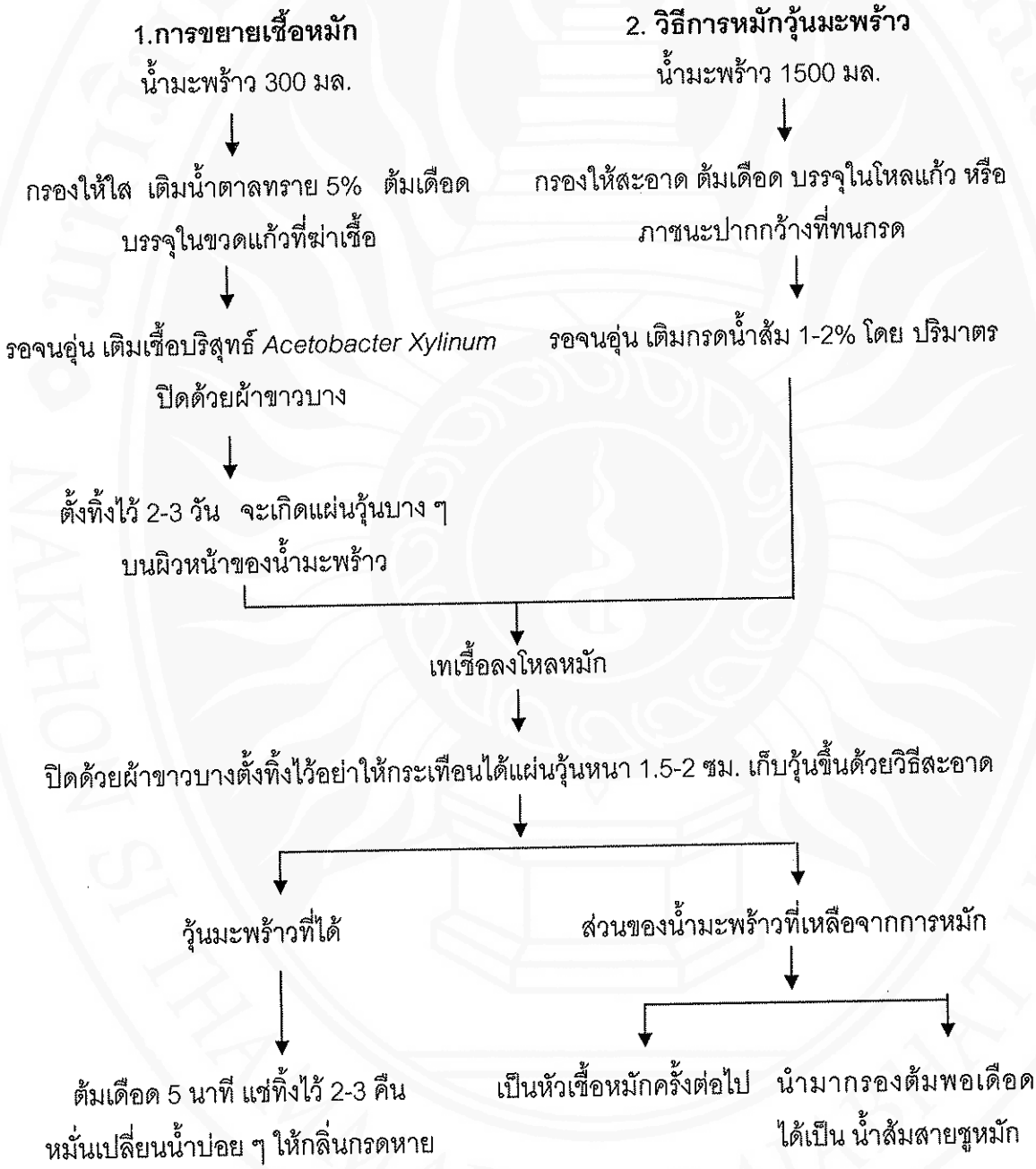
ง.แผ่นวุ้นหนาไม่สม่ำเสมอมีเมือกเกิดขึ้น

ภาพที่ 2 ลักษณะของแผ่นวุ้นมะพร้าวที่เสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

1.6 วิธีการผลิตวุ้นมะพร้าวจากน้ำมะพร้าว

1.6.1. ขั้นตอนการผลิต

การผลิตวุ้นมะพร้าวประกอบด้วยขั้นตอนง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน 2 ขั้นตอน คือ การเตรียมหรือการขยายหัวเชื้อ และการหมักวุ้นมะพร้าว ดังแสดงในภาพที่ 3 ดังนี้



ภาพที่ 3 กระบวนการผลิตและแปรรูปวุ้นมะพร้าว

ที่มา: อมรศรี ตุ้ยระพิงค์ (2541)

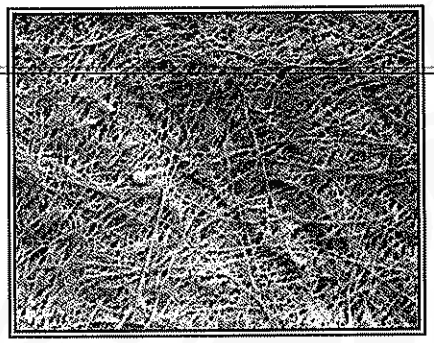
1.6.2 ขั้นตอนการเก็บวุ้นมะพร้าว

ขั้นตอนการเก็บวุ้นมะพร้าวทำโดยการนำแผ่นวุ้นมะพร้าวมาล้างน้ำแล้วนำไปต้มเพื่อฆ่าเชื้อ *A. xylinum* รวมทั้งยังเป็นการไล่กรดอะซิติกให้ออกจากชิ้นวุ้นเร็วขึ้น อย่างไรก็ตามถ้ายังไม่จำเป็นต้องนำแผ่นวุ้นมะพร้าวไปใช้ก็ควรแช่วุ้นมะพร้าวไว้ในน้ำหมักที่เติมกรดอะซิติกจะช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของแผ่นวุ้นน้ำมะพร้าว ส่วนน้ำหมักที่เหลือจากกระบวนการหมักอาจนำมาใช้เป็นหัวเชื้อ (starter) สำหรับการหมักในครั้งต่อไป หรือกรองให้ใสแล้ว นำไปต้มก็จะได้น้ำส้มสายชูหมักเป็นผลพลอยได้ นอกจากนั้นสารบางชนิดสามารถเพิ่มปริมาณเซลลูโลสที่เชื้อสร้างได้เช่นเมื่อใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 20-80 กรัม ในอาหารเลี้ยงเชื้อจะสามารถเพิ่มปริมาณเซลลูโลสที่เชื้อผลิตได้มากถึง 50% สำหรับสารประกอบซัลเฟตก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *A. xylinum* เช่นกัน โดยการเติมสารประกอบซัลเฟตลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อจะช่วยให้เกิดการสร้างวุ้นน้ำมะพร้าว (เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง และคณะ, 2543)

1.7 ลักษณะเฉพาะของวุ้นมะพร้าว

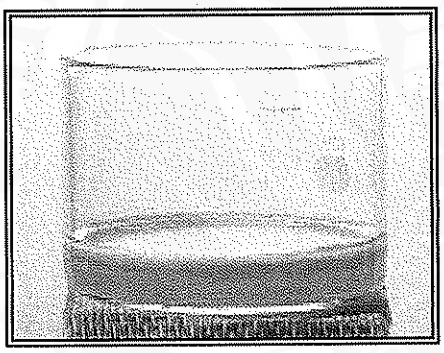
วุ้นมะพร้าวที่ผลิตได้จากเชื้อ *Acetobacter xylinum* จะมีลักษณะพิเศษดังต่อไปนี้

- เส้นใยมีขนาดเล็กมาก คือ หนาประมาณ 3-4 นาโนเมตร (ภาพที่ 4 ก) และยาวประมาณ 180-900 นาโนเมตร
- เส้นใยมีขนาดเล็กมาก (ภาพที่ 4 ข) ดังนั้นจึงทำปฏิกิริยากับสารเคมีต่าง ๆ ได้ดี
- เส้นไม่มีเฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเพคตินเจือปน
- เส้นใยมีสมบัติเป็น ไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) สามารถอุ้มน้ำได้ 60-700 เท่าของน้ำหนักแห้ง
- เส้นใยและแผ่นวุ้นมีลักษณะใสสีขาวและสีครีม (ภาพที่ 2 ค. และ 2 ง.)
- เส้นใยทนต่อแรงดึงได้สูงกว่าไฟเบอร์สังเคราะห์ชนิดต่าง ๆ
- สามารถใช้สารตั้งต้นที่มีราคาถูก หาได้ง่าย
- สามารถควบคุมคุณสมบัติทางกายภาพได้ตามที่ต้องการโดยจัดองค์ประกอบของอาหารที่ใช้เลี้ยงและสภาวะการหมัก

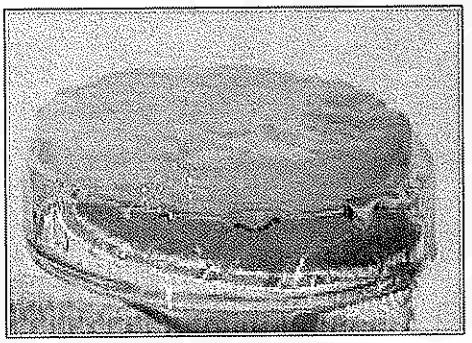


ก.เส้นใยขนาด 3-4 นาโนเมตร

ข. เส้นใยมีขนาดเล็กมาก



ค. แผ่นวุ้นสีครีม

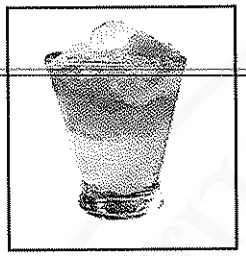


ง. แผ่นวุ้นสีขาว

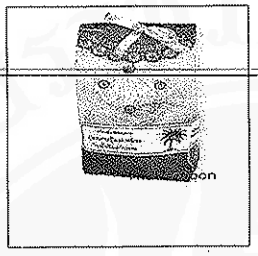
ภาพที่ 4 ลักษณะเส้นใยและสีของแผ่นวุ้นมะพร้าว

1.8 ผลิตภัณฑ์ใหม่จากวุ้นมะพร้าว

ในปัจจุบันนี้วุ้นมะพร้าวสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ต่างๆ ได้หลายชนิด เช่น ไอศครีมวุ้นมะพร้าว วุ้นมะพร้าวในน้ำเชื่อม วุ้นมะพร้าวในน้ำเชื่อมผสมแห้ว วุ้นรังนก โยเกิร์ตวุ้นมะพร้าว วุ้นแฟนซี วุ้นมะพร้าวในเต้าหู้นมสด ไส้กรอกสูตรไฟเบอร์สูง ซุปวุ้นมะพร้าว หมูยอเสริมไฟเบอร์ ขนมชั้นเสริมไฟเบอร์ เยลลี่สมุนไพรเสริมไฟเบอร์ ผงลาบสำเร็จรูปเสริมไฟเบอร์ น้ำนมถั่วเหลืองเสริมใยอาหารจากวุ้นมะพร้าว ดังภาพที่ 5 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอบเสริมใยอาหารจากวุ้นมะพร้าว วุ้นมะพร้าวเสริมกระชายดำ บะหมี่และวุ้นเส้นผสมไฟเบอร์จากวุ้นมะพร้าว การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นมะพร้าวในรูปแบบของ “วุ้นหลอด” เยลลี่วุ้นมะพร้าว ทอดมันวุ้นมะพร้าว และไฟเบอร์แคปซูล เป็นต้น



ก.ไอศกรีมวุ้นมะพร้าว



ข.วุ้นในน้ำเชื่อมบรรจุถุง

ค.วุ้นในน้ำเชื่อมบรรจุขวดพลาสติก

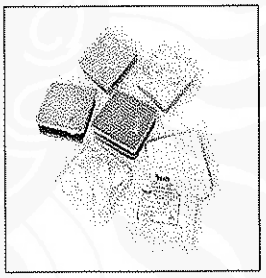
ง.วุ้นในน้ำเชื่อมบรรจุขวดแก้ว

จ.วุ้นในน้ำเชื่อมผสมแห้ว

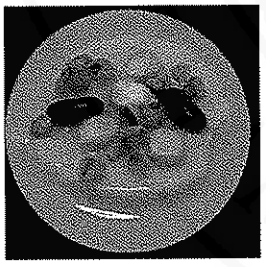
ฉ.วุ้นในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง

ช.วุ้นรังนก

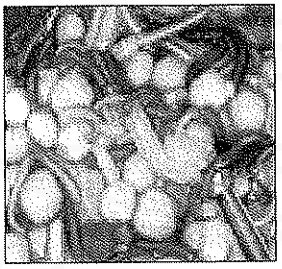
ซ.โยเกิร์ตวุ้นมะพร้าว



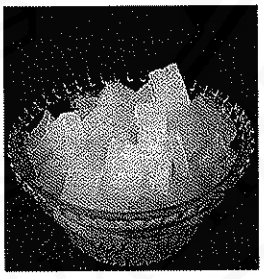
ฌ. วุ้นแฟนซี



ญ.วุ้นมะพร้าวในเต้าหู้นมสด



ฎ. วุ้นรวมมิตร



ฏ.วุ้นมะพร้าวในน้ำเชื่อมเข้มข้น

ภาพที่ 5 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ใหม่จากวุ้นมะพร้าว

สำนักวิทยบริการมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

2. น้ำตาลจาก

141881

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Nypa fruticans* Wurmb.
ชื่อวงศ์ : Palmae หรือ Arecaceae
ชื่อสามัญ : Atap palm, Nipa palm, Mangrove palm
ชื่อพื้นเมือง : อัตตะ (มลายู-ใต้)

2.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์

ต้นจากเจริญเติบโตได้ดีบริเวณชายฝั่งที่มีน้ำกร่อย แดดจ้า บริเวณเขตร้อนทั่วไป ปัจจุบันจากมีการกระจายพันธุ์ตั่งแต่ประเทศศรีลังกา พม่า ปากแม่น้ำคงคา คาบสมุทร มาลายา อินโดนีเซีย ปาปัวนิวกีนี หมู่เกาะโซโลมอน ฟิลิปปินส์ และอาจไปทางเหนือถึงหมู่เกาะริวกิวในประเทศญี่ปุ่นที่มีต้นจากขึ้นบางประปราย หรือไปทางใต้จนถึงรัฐควีนแลนด์ และตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย ต้นจากจะไม่เจริญเติบโตในที่เค็มจัดจนเกินไป จากรายงานการวิจัยมีผู้เสนอว่าที่จากสูญพันธุ์ไปจากบางพื้นที่ในยุคโบราณ เป็นเพราะการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศที่ทำให้น้ำเค็มจัดและมีคลื่นลมรุนแรงขึ้น จึงพบเห็นจากบริเวณปากน้ำหรือปากอ่าวมากกว่าบริเวณชายทะเลที่มีน้ำเค็มตลอดปี และความสามารถของป่าจากไม่เพียงแต่ช่วยรักษาตลิ่งไม่ให้พังทลายเท่านั้น แต่หากยังช่วยให้แผ่นดินงอกได้อีกด้วย (วงศ์จันทร์ วงศ์แก้ว, 2540)

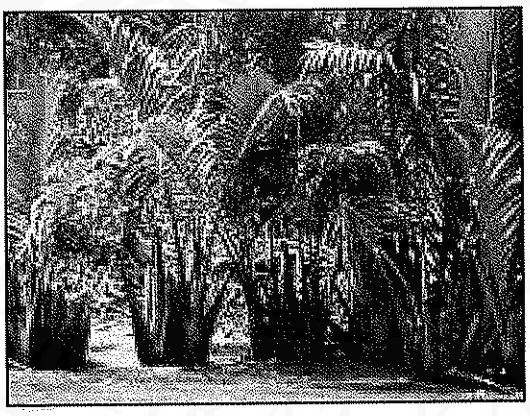
การเจริญเติบโตของต้นจากอาจขึ้นเดี่ยว ๆ หรือหนาแน่นเป็นป่าจาก ซึ่งมีการแตกแขนงคืบคลานไปเรื่อย ๆ ในขณะที่บริเวณนั้นอาจไม่มีต้นอ่อนของจากงอกได้เมื่ออยู่ในสภาพความเค็มสูง ๆ ในการศึกษาคุณภาพน้ำในป่าจาก (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2544) โดยเฉพาะความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความเค็ม พบว่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในช่วงฤดูแล้งมีค่า 7.18 และในช่วงฤดูฝนมีค่า 7.07 ซึ่งถือว่าค่อนข้างจะเป็นกลาง แต่ค่าความเค็มของน้ำในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 10.83 พีพีที (ppt) และในฤดูฝนมีค่า 3.71 ppt ซึ่งน้อยกว่าฤดูแล้งมากในน้ำจืดต้นจากก็เจริญเติบโตได้ดี แต่อาจมีปัญหาเรื่องความหวานของน้ำตาลจาก ในขณะที่บางรายปลูกจากในนาข้าวสามารถให้ความหวานได้ดี และพันธุ์จากที่ศึกษานั้นศึกษาจาก ตำบลขนาบนาก อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

2.2 ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์

จากเป็นพืชตระกูลปาล์มที่มีอยู่เพียงไม่กี่ชนิดของป่าชายเลน มีลำต้นเป็นหัวอยู่ใต้ดิน (rhizome) ชาวบ้านเรียกว่า "หินจาก" บางคนจัดต้นจากเป็นพืชร่วมป่าชายเลน (mangrove associate) ไม่ใช่ไม้ป่าชายเลนจริง (true mangrove) เพราะอาจพบจากได้ในบริเวณอื่นนอกพื้นที่น้ำขึ้น -น้ำลงของป่าชายเลน จากมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Nypa fruticans Wurmb อาจมีชื่อสามัญว่า Nipa Palm ในประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย เรียกว่า "อาปง" (Apong) ในประเทศเวียดนามเรียกว่า "ดาวนัก" (Duanuac) ในประเทศฟิลิปปินส์ เรียกว่า "นีพีรา" (Nipeira) ซึ่งมาจากภาษาโปรตุเกสและเรียกชื่อน้ำเมาที่ทำจากน้ำตาลจากว่า "นิปา" (Nipa) เช่นกัน การทำน้ำเมาหรือเหล้าจาก ต้นจากนี้มีบันทึกไว้ตั้งแต่ พ.ศ. 2514 โดยเรียกเหล้าชนิดนี้ว่า "นิป" (Nip) จึงเป็นไปได้ว่าชื่อวิทยาศาสตร์ของจากอาจมาจากชื่อเหล้านิป (Nip) ก็ได้

ต้น : เป็นไม้จำพวกปาล์ม มีขนาดเล็ก ลำต้นสั้นเป็นเหง้าและอยู่ใต้ดินมีรากอวบอ้วนอัดแน่นบริเวณกอ เหง้ามีลักษณะคล้ายฟองน้ำ มักจะจมอยู่ในโคลน และอยู่ใต้น้ำขณะน้ำท่วม ส่วนใบจะโผล่พ้นดินออกมาลำต้นจะแตกเป็นแขนงเลื้อยไปตามผิวดินลำต้นจะแตกออกเป็นกอ ๆ ละ 4-8 เมตร ถ้ามีอายุมากกอจะใหญ่ขึ้นด้วย

ใบ : ใบประกอบด้วย กาบใบ และก้านใบ เป็นใบเดี่ยวลักษณะใบเรียวยาวประมาณ 4 ฟุต (ภาพที่ 6) ขอบใบเรียบหลังใบมีลักษณะเป็นมัน ส่วนท้องมีลักษณะสากมือใบย่อยรูปใบหอก ยาว 0.9-1.3 ซม. เรียงตัว 2 แถวคล้ายใบมะพร้าว มีกาบใหญ่เป็นกอ ผิวใบด้านบนสีเขียวเป็นมัน ด้านท้องใบสีเขียวเหลือง ฐานใบอวบซ้อนทับกัน (เอื้อมพร วีสมหมายและปณิธาน แก้วดวงเทียน, 2547)



ภาพที่ 6 ลักษณะใบและลำต้นของจาก

ดอก : ดอกเกิดจากงวงยาวประมาณ 1 เมตร ขึ้นไป ในช่อดอกย่อยๆ เรียงอัดกันมองคล้ายเหมือนดอกเดียวกัน ดอกตัวผู้มีสีน้ำตาล และดอกสีเหลือง ดอกตัวเมียเป็นช่อกลมออกที่ง่ามใบบริเวณใกล้ปลายยอดดอกเป็นดอกแยกเพศแต่อยู่ต้นเดียวกัน ดอกเพศเมีย เป็นช่อกระจุกแน่นล้อมรอบด้วยดอกเพศผู้เป็นช่อเชิงลดขนาดสั้น ซึ่งดอกเพศผู้นี้จะเรียงอยู่บนช่อเชิงลดขนาดสั้น ซึ่งดอกเพศนี้จะเรียงอยู่บนช่อดอกแบบห่างกระรอกก้านดอก สีน้ำตาล ดอกสีเหลืองเข้ม ดังแสดงในภาพที่ 7 (ก)

ผล : เป็นกลุ่มหรือผลช่อ จะเรียงอัดกันมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 12 นิ้วขึ้นไป เรียกว่าโหม่งหรือทลาย แต่ละผลย่อยจะมีขนาดยาวประมาณ 3-4 นิ้ว ดังแสดงในภาพที่ 7 (ข) ที่ก้นผลของแต่ละผลมีหนามเล็กๆ สั้นๆ ในแต่ละโหม่ง ผลจะประกอบด้วย

- เปลือกชั้นนอก เป็นเส้นใยที่ละเอียด เหนียวและแข็งแรง มีสีน้ำตาลเป็นมัน แต่จะบางกว่าเปลือกชั้นใน
- เปลือกชั้นกลาง เปลือกชั้นนี้จะหนากว่าทุกชั้น มีเส้นใยหยาบเห็นได้ชัด เมื่อเป็นผลเส้นใยจะอ่อนนุ่ม เมื่อเป็นผลแก่จะแข็งเป็นสีน้ำตาล
- เปลือกชั้นใน เป็นแผ่นบาง ๆ

เมล็ด : เมล็ดหรือเนื้อ ที่เรียกว่า ลูกจาก อยู่ชั้นในสุดของผล มีลักษณะเนื้อเป็นวุ้นสีขาว เมล็ดเป็นรูปไข่ มีรสมัน จืด ๆ ไม่หวาน

ก. ดอกจาก

ข. ผลจาก

ภาพที่ 7 ลักษณะดอกจากและผลจาก

การขยายพันธุ์ : โดยธรรมชาติแล้วเป็นไม้ที่ขึ้นเอง ขยายพันธุ์ตามธรรมชาติ อายุอยู่ได้นาน ประมาณ 8-10 ปี จะเจริญอยู่ตามป่าชายเลนหรือริมฝั่งน้ำที่เป็นดินเลน และบริเวณที่มีน้ำกร่อยขึ้นถึง

ถิ่นกำเนิด : ต้นจากนี้ถือกำเนิดขึ้นหลายล้านปี มาแล้ว และคาดว่าจะเป็นหนึ่งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวชนิดแรก ๆ ที่วิวัฒนาการขึ้นมา เนื่องจากมีการพบฟอสซิลของละอองเกสรของดอกจาก ในตะกอนดินยุคอีโอซีน จากบริเวณใกล้ ๆ กรุงลอนดอน ต้นจากพบขึ้นอยู่ตามริมน้ำลำและตามที่ดินตะกอน ที่ลุ่มริมฝั่งและป่าชายเลน โดยเฉพาะบริเวณใกล้ปากแม่น้ำสายต่างๆ โดยพบตั้งแต่ประเทศศรีลังกา ชายฝั่งด้านตะวันออกของประเทศอินเดีย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ฟิลิปปินส์ หมู่เกาะโซโลมอน ตอนเหนือของออสเตรเลีย และหมู่เกาะริวกิว (หรือโอกินาวา) ของประเทศญี่ปุ่น ในภาคใต้จะพบอยู่หลายจังหวัด เช่น นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และระนอง

2.3 สรรพคุณด้านสมุนไพร

- ใบ มีรสฝาดแก้ลมจรต่างๆ ขับเสมหะ และดับพิษทั้งปวง
- น้ำตาลจาก สมานริดสีดวงทวาร
- ยางตาตุ่มนั้น หากนำไปใส่อาหารจะทำให้เกิดอาการท้องเดินไม่หยุด

2.4 การนำจากมาใช้ประโยชน์หลายลักษณะ ดังนี้

2.4.1.ใบจาก

2.4.1.1 ใบอ่อน ซึ่งได้มาจากยอดจากใช้ห่อหรือมวนยาเส้นพันธุ์พื้นเมืองเป็นบุหรี่สูบของชาวบ้านทั่วไปเรียกว่า ยาสูบใบจาก ใบจากอ่อนยังใช้ประโยชน์ในการทำหมาจาก (ภาชนะตักน้ำ) ห่อต้มปัด ทำเปี้ยว

2.4.1.2 ใบแก่ นำใบจากทำจากตับ ใช้มุงหลังคาและกั้นฝา เปี้ยวกันฝน เป็นเครื่องใช้ปูรองห้องข้าวและกั้นโหลข้าวของชาวนาทั่วไป ทำฝาปิดตุ่ม เป็นเครื่องใช้ปิดโอ่งน้ำ ถังข้าวสาร

2.4.2 ทางจาก คือทางจากแก่ที่ตัดใบเอาไปใช้หมดแล้ว นำมาใช้ประโยชน์ได้แก่ ทำตับจากสำหรับเป็นโครงของการเย็บจากตับ นอกจากนั้นทางจากยังใช้ประกบมัดจากตับใช้ทำร้านวางของ ทำผรากั้นคอกเป็ดคอกไก่ ปักเป็นหลักแทนไม้ตามชายเลนหรือในคลองสำหรับราวเบ็ด ราวกุ้ง ทำเป็นมัดทั้งทางยาวใช้รองทางเดินแทนสะพาน หรือรองทางเดินที่เป็นโคลนตม และทางจากแห้งใช้ทำเชื้อเพลิงได้ดี ส่วนหลังทางจากใช้ลอกเป็นเชือกมัดสิ่งของ

2.4.3 พอนจาก ใช้หลาย ๆ พอนผูกมัดด้วยหลังคา หรือร้อยด้วยไม้ซึ่งเหลาให้ปลายแหลม ใช้สำหรับทำแพหรือไว้เกาะหากเรือจม นอกจากนั้นยังใช้ขุดเป็นเรือเล็ก ๆ ให้เด็กเล่น เนื้อในที่อ่อนนุ่มใช้ทำตุ๊กตา ทำจุกขวด พอนจากแห้งใช้ทำเชื้อเพลิง พอนที่ผุใช้ผสมกับมูลสัตว์

2.4.4 งวงจากหนุ่ม ใช้ทำแส้ปัดแมลง ใช้ทำชด (แปรง) ล้างกระบอกน้ำตาล

2.4.5 นกจาก นกจากที่ยังอ่อน ดอกยังฟุ่ม ใช้ต้มเป็นผักจิ้มหรือแกงคั่วกับไก่เนื้อกุ้ง

2.4.6 น้ำหวานจาก ใช้ทำประโยชน์ได้หลาย ๆ ด้าน คือ

2.4.6.1 น้ำตาลจากสด ใช้เป็นเครื่องดื่มทั้งชนิดสด และชนิดสุกที่ต้มแล้ว น้ำตาลจากมีรสหวานเข้มกว่าน้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลโตนด และน้ำอ้อย เพราะจากเป็นพืชชอบน้ำเค็ม จึงดูดเกลือจากน้ำเค็มผสมกับน้ำตาลในตัวมันเอง จึงทำให้รสหวานจัด การทำใช้งวงจากที่มีลูกจากพอทรามกิน (จากหนุ่ม) เป็นดีที่สุดถ้าลูกอ่อนหรือแก่เกินไปไม่นิยมทำกัน เพราะได้น้ำตาลน้อยหรือไม่ได้เลย เรียกว่า ตาลไม่ออก

2.4.6.2 น้ำผึ้งจาก น้ำผึ้งจากที่มีคุณภาพจะได้มาจากน้ำตาลที่มีคุณภาพ คือ หวาน เปรี้ยวช้า น้ำผึ้งจากมีประโยชน์ เช่น ปรุงขนมหวานใส่อาหารคาวแทนน้ำตาลทราย ผสมยาสมุนไพรและใช้ทำเหล้า

2.4.6.3 น้ำตาลฮบ หรือ น้ำผึ้งมบคือน้ำตาลปึกเป็นก้อนแข็งซึ่งแปรสภาพมาจากน้ำผึ้งเหลว

2.4.6.4 น้ำส้มจาก ใช้ประกอบในการปรุงอาหารและเป็นส่วนผสมของการถนอมอาหารและเป็นส่วนผสมของการถนอมอาหารบางชนิด น้ำส้มจากมีรสเปรี้ยวดีมากไม่เป็นอันตรายต่อการบริโภค

2.4.6.5 ตาลมะยัง เป็นการทำตาลจากอีกวิธีหนึ่งวิธีทำคล้ายคลึงกับวิธีทำน้ำตาลจากดังกล่าวแล้ว จะแตกต่างกันที่ความอ่อนแก่ของงวงตาลเท่านั้น น้ำตาลธรรมดาทำจากงวงตาลที่มีลูกจากหนุ่ม แต่ตาลมะยังทำจากงวงจากอ่อนที่ยังเป็นดอกจากซึ่งในระยะที่ยังเรียกว่านกจากอยู่ น้ำตาลที่ได้มีรสหอมหวาน จัดว่านิยมทำกันเพื่อเอาน้ำตาลสดไว้เพียงเพื่อดื่มสดๆ โดยเฉพาะไม่ใช้ทำเป็นน้ำผึ้งและน้ำส้มดังกล่าวแล้ว

สรุปแล้วจากมีประโยชน์ตั้งแต่ยอดโคนในทุกส่วนของจากเป็นการทำกันแบบเอาอย่างบรรพบุรุษไม่มีการพัฒนา (มูลนิธิสารานุกรมวัฒนธรรมไทย, 2542)

2.5 การเตรียมต้นจากก่อนปาดน้ำหวาน

2.5.1 การเตรียมต้นจาก

ต้นจากควรมีความหนาแน่นของจำนวนต้นต่อพื้นที่ต้องไม่มากจนเกินไป เช่น ในประเทศมาเลเซียหากต้องการทำน้ำตาลจากจะใช้ความหนาแน่นของต้นจาก 116 ต้นต่อไร่ หรือในประเทศฟิลิปปินส์ใช้ระยะปลูกจาก 1.5 x 1.7 เมตร หรือประมาณ 62 ต้นต่อไร่ เป็นต้น ในประเทศไทยที่จังหวัดนครศรีธรรมราช อำเภอปากพนังเริ่มต้นปลูกนิยมใช้ความหนาแน่นในการปลูก 200-300 ต้นต่อไร่ ต่อมาตัดทอนให้เหลือ 42 ต้นต่อไร่ อายุของกอจากและอายุของทลายจากก็มีความสำคัญคือ ปกติเมื่อจากอายุ 3-4 ปีก็เริ่มแทงช่อดอก แต่พงจากมักจะมีขนาดเล็ก ผอม และช่อดอกไม่ติดผล หากพยายามทำน้ำตาลด้วยต้นจากจากอ่อนก็อาจปาดได้เพียง 1 ก้านหรือ 1 งวงต่อกอเท่านั้น และใช้เวลาปาดเพียง 14-15 วันจึงหยุด หรือเพียงครึ่งหนึ่งของงวงแล้วหยุด หากปาดนานเป็นเดือนต้นจากอาจตายได้ เพราะที่กักเก็บน้ำหวาน เช่นหัวใต้ดินหรือเยื่อเจริญยังมีขนาดเล็กอยู่ โดยทั่วไปแล้วถ้านับเวลาจากเริ่มเห็นดอก (นกจาก) จนปาดได้ใช้เวลาประมาณ 6-7 เดือน ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช อำเภอปากพนัง นิยมปาด 1 งวงต่อต้น ส่วนงวงที่เหลือเก็บสำรองเอาไว้เพราะมักพบว่าปาด 1 หรือ 2 งวงจะให้ปริมาณน้ำตาลใกล้เคียงกัน ยกเว้นถ้างวงที่เกิดจากกอเดียวกันนั้นอยู่ห่างกัน จึงปาดงวงที่ 2 ได้ (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2544)

2.5.2 การเลือกงวงจากที่เหมาะสม

การเลือกงวงจากต้องเลือกงวงที่มีลูกพอทรามกิน (จากหนุ่ม) เป็นดีที่สุดถ้าลูกอ่อนหรือแก่เกินไปไม่นิยมทำกัน เพราะได้น้ำตาลน้อยหรือไม่ได้เลย เรียกว่า "ตาลไม่ออก" วิธีสังเกตลูกจากอ่อน ทะลายและลูกยังเล็ก สีงวงหนักไปทางสีเหลือง สีของลูกเป็นสีน้ำตาลอมเหลืองแก่ ลูกจากแก่งวงค่อนข้างเหลือง หนักไปทางเขียวแซมด้วยน้ำตาลแก่ บางส่วนสีของลูกเป็นสีน้ำตาลแก่ ผิวก้นของลูกมองเห็นรอยแตก ลูกจากพอทรามกิน (จากหนุ่ม) งวงสีเหลืองเข้มอมน้ำตาล สีของลูกเป็นสีน้ำตาลสดทั่วไป สันของพูสีน้ำตาลแก่ ดูทั่วไปทั้งทลายสดใส (มูลนิธิสารานุกรมวัฒนธรรมไทย, 2542)

2.5.3 การเตรียมทลายก่อนปาดน้ำหวาน

การเตรียมทลายแทบทุกพื้นที่นิยมปาดก้านช่อผล (infructescence) มากกว่าก้านช่อดอก (inflorescence) และถ้าก้านแก่มากจะต้องใช้เวลาเตรียมการนานกว่าก้านอ่อน ระยะเวลาที่เหมาะสมคือ เมื่อผลพัฒนาเต็มที่แต่ยังไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจัด ส่วนที่เป็นกาบที่โคนช่อต้องดึงออก ถ้ากาบนี้แห้งมากจะแก่เกินไปแล้วหมุนก้านไปรอบ ๆ เบา ๆ ต่อมาค่อยเพิ่มแรงเหวี่ยงให้มากขึ้นจนก้านอ่อนนิ่มแล้วค่อยปาด การทำเช่นนี้ทำให้น้ำหวานไหลได้มากและไหล

ได้นานวันกว่าก้านแข็ง (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2544) ขั้นตอนการเตรียมก้านทะลายนี้ แต่ละคนแต่ละพื้นที่อาจมีการเตรียมไม่เหมือนกันเช่น เกษตรกรบางคนเคาะก้าน 15 ครั้งต่อวัน วันเว้นวัน พอเคาะครบ 4 รอบ (เวลา 8 วัน) ก็ทิ้งไว้ 1 เดือน แล้วเคาะอีก 5 รอบเหมือนครั้งแรก แล้วจึงเริ่มปาด บางคนทำน้ำตาลจากก้านช่อดอกเพราะใช้เวลาเตรียมการสั้น เช่น เคาะก้านเพียง 3 วันติดต่อกันก็สามารถปาดได้ แต่ถ้าทำจากก้านช่อดอก การปาดจะสิ้นเปลืองเนื้อเยื่อก้านมากกว่าเพราะก้านดอกอ่อนกว่าก้านผลทำให้ปาดกินเนื้อและได้ปริมาณน้ำตาลเพียง 7 ใน 10 ส่วนของก้านช่อผล บางคนก่อนการเคาะจะมีการดึงหรือโยกไปมาประมาณ 10 ครั้ง ในขณะที่บางคนโน้มก้านแล้วใช้ฝ่าเท้ารีดตลอดก้าน โดยรีด 4 วัน วันละ 2-3 นาที แล้วจึงเริ่มลงมือเคาะ (ภาพที่ 8 ก)

ในบางพื้นที่ของประเทศมาเลเซียใช้วิธีเตะโคนก้านหลายครั้ง หรือโยกช่อผลที่จะปาดตาล วันละครั้ง พร้อมกับการเตะและการโยกแรงขึ้นเรื่อยๆ ในประเทศฟิลิปปินส์ใช้เท้าเตะเป็นเวลา 4 เดือน คือเดือนแรกเตะครั้งเดียวต่อสัปดาห์ เดือนที่สองเตะสองครั้งต่อสัปดาห์ เดือนที่สามเตะ 2 วันต่อครั้ง และเดือนที่ 4 เตะทุกวัน เป็นเวลา 10 วันติดต่อกัน การเคาะก้านหรือการทำให้ก้านนิ่มก่อนปาดนี้ คาดว่าเป็นการป้องกันหรือทำลายการอุดตันของท่ออาหาร (phloem) ทำให้น้ำหวานที่ไหลในท่อ (sugary phloem sap) ไหลได้สะดวกขึ้น อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตคือ ในขณะที่ปาดทุกวันหากหยุดปาด 1 วันก็จะทำให้ท่ออุดตันอีก ทำให้คนปาดไม่สามารถหยุดพักเพื่อทำธุรกิจอื่นได้ (นพรัตน์ บำรุงรักษ์ , 2544)

2.5.2 ขั้นตอนในการทำน้ำตาลจาก ดัดแปลงมาจากวิธีของฉัตรชัย สังข์ผุด และจีราภรณ์ สังข์ผุด, 2547)

การเตรียมอุปกรณ์ในการเก็บเกี่ยวน้ำหวานจาก ประกอบด้วย กระบอกไม้ไผ่เจาะรูที่สอดทะลายได้สำหรับรองรับน้ำหวาน (ภาพที่ 8 ข) ไม้เคี่ยมสำหรับรักษาน้ำหวานให้คงรูปมีดปาดน้ำตาลหรือที่เรียกกันในท้องถิ่นว่า "ทับ" (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2544) การเก็บเกี่ยวน้ำหวานจากมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- เลือกต้นจากให้เลือกเอาทะลายที่มีความสมบูรณ์ที่สุดเพียงทะลายเดียว เพราะถ้าเลือกทำทำหลายทะลายพร้อม ๆ กัน จะทำให้ต้นจากโทรมและเกร็งในที่สุด การเลือกงวงจาก ผู้ที่สามารถเลือกงวงจากได้นั้นต้องมีประสบการณ์เกี่ยวกับต้นจากมากพอสมควร ต้องอาศัยภูมิปัญญาที่เกิดจากการเรียนรู้จากธรรมชาติ เพราะถ้าเลือกผิดจะทำให้เสียเวลาไม่คุ้มทุนเกี่ยวกับการผลิต

- การตีงวงจาก ใช้มีดพร้าปอกเปลือกบริเวณงวงจากที่จะตี การเก็บเกี่ยวน้ำหวานจากซึ่งอาศัยการตีงวงเป็นหลักหลังจากนั้นใช้ไม้เคาะประมาณ 70-100 ครั้งต่อวัน ดังแสดง

ใน (ภาพที่ 8 ค) ขนาดน้ำหนักของไม้ประมาณ 0.5 กิโลกรัม ใช้วัสดุที่ดูดซับแรงติดกับไม้เพื่อป้องกันไม่ให้งวงช้ำมากเกินไป เคาะประมาณ 9 วัน โดยเคาะ 5 วันเว้น 4 วัน และเคาะต่ออีก 4 วัน เพื่อให้ครบ 9 วัน ใช้มีดพร้าปากดูบริเวณงวง ถ้ามีน้ำตาลสดไหลออกมา สามารถตัดงวงนั้นได้เลย ถ้าไม่มีน้ำตาลออกมาให้เคาะงวงต่ออีก 2-3 วันแล้ว

- ปาดงวง หลังจากที่ทำการนวดหรือตีจนครบวันแล้วใช้ทับ (มีลักษณะคล้ายเคียวเกี่ยวข้าว) ปาดงวงให้สม่ำเสมอเพื่อให้น้ำตาลสดไหลออกมาอย่างสม่ำเสมอจะต้องปาดวันละ 2 ครั้ง ในเวลาตอนเย็นและตอนเช้า (ภาพที่ 8 ง) เพื่อให้งวงสดอยู่เสมอ เป็นลักษณะของภูมิปัญญาชาวบ้านที่สามารถอธิบายได้ตามหลักวิทยาศาสตร์ คือ ที่บริเวณด้านหน้าของงวงจาก จะมีสิ่งแปลกปลอมมาอุดตันท่อลำเลียงของน้ำตาลสด และธรรมชาติของพืชจะหดตัวปิดรอยแผลจากการตัดเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ทำให้น้ำตาลไม่สามารถไหลออกมาได้

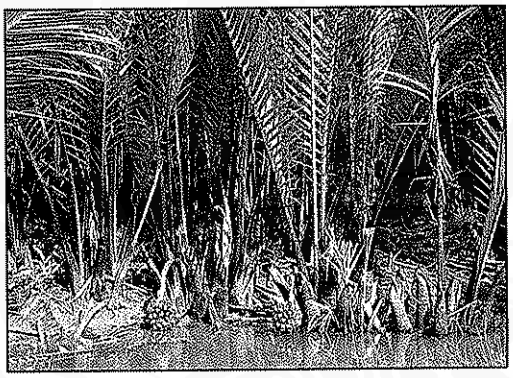
- ใส่เปลือกไม้เคี่ยม (cytolebium lanceolatum) ไว้ในกระบอกเพื่อป้องกันการบูดเสียของน้ำหวาน เพราะสารประกอบโพลิฟีนอลในไม้เคี่ยมจะช่วยป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้น้ำหวานไม่ให้บูดเปรี้ยว ส่วนในประเทศศรีลังกาจะใช้ Hal bark (Vataria acuminate L.) และในฟิลิปปินส์ใช้ผงของเปลือกไม้โกงกาง สำหรับประเทศไทยนอกจากไม้เคี่ยมแล้ว ยังนิยมใช้ไม้พะยอม (Shorea floribunde) ไม้ตะเคียน (Hopra adorate) และไม้มะเกลือ (Diopyrus mollis) (ปราโมทย์ ธรรมรัตน์และคณะ, 2547) ไม้เคี่ยมส่วนใหญ่นำมาจากรากไม้เคี่ยมซึ่งมีทั่วไปในปักษ์ใต้ มีรสฝาดและขม พบในจังหวัดนครศรีธรรมราช และสงขลา ไม้เคี่ยมจะมี 2 ชนิด คือพันธุ์เนื้อขาว ใส่เพื่อทำน้ำตาลขาว และพันธุ์เนื้อแดง เพื่อทำน้ำตาลแดง ปริมาณของไม้เคี่ยมที่ใส่ในแต่ละกระบอกที่รองรับน้ำหวานประมาณ 10 กรัม หรือ 1/3 กำมือ (ภาพที่ 8 จ) โดยการฝานให้เป็นแผ่นบางรองก้นกระบอกก่อนรองรับน้ำหวาน (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2544)

- รองรับน้ำหวานจากโดยใช้กระบอกซุงซึ่งได้มาจากไม้ไผ่รองรับน้ำตาลสด ดังแสดงในภาพที่ 8 (ฉ) การรองรับน้ำตาลสดจะทำในเวลาเย็นและจะเก็บในวันรุ่งขึ้นตอนสาย ๆ เวลาประมาณ 9.00-10.00 น. เป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่สามารถอธิบายตามหลักวิทยาศาสตร์ได้ คือ ในเวลากลางคืน อุณหภูมิของอากาศจะต่ำและมีความชื้นของอากาศสูง ทำให้ลดการระเหยของน้ำหวานน้อยได้ปริมาณน้ำหวานสดได้มากกว่าช่วง เวลากลางวัน

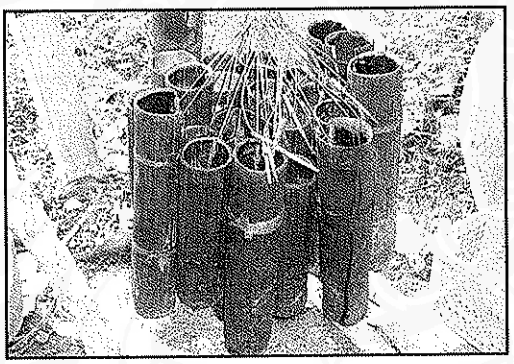
- เก็บน้ำหวานจากสดจากต้นจาก ซึ่งจะได้งวงละประมาณ 500-1500 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่องวงต่อวัน นำน้ำหวานจากสดที่ได้มาจากต้นจากมาให้ความร้อนโดยใช้กระทะใบบัวขนาดใหญ่แล้วเคี่ยวน้ำหวานสดจนแห้ง การเคี่ยวน้ำตาลใช้เวลาในการเคี่ยวน้ำตาลจากประมาณ 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นใช้ไม้ในการคน ภาพที่ 8 (ช) หรือภาษาชาวบ้านเรียกว่า การโซม

เพื่อให้อุณหภูมิของน้ำตาลที่ต้มได้เย็นตัวลงเร็วขึ้น รอให้อุณหภูมิของน้ำตาลจากที่ต้มแล้วเย็นตัวลง บรรจุใส่ภาชนะ

- ขั้นตอนการบรรจุลงปีบ จะทำการบรรจุเมื่อน้ำตาลที่เคี่ยวจนได้ที่แล้ว ลดอุณหภูมิถึง 40-50 องศาเซลเซียส เพราะน้ำตาลอยู่ในสถานะของเหลวง่ายต่อการบรรจุ แสดงในภาพที่ 7 (ซ และ ฌ)



ก.การเตรียมต้นจาก

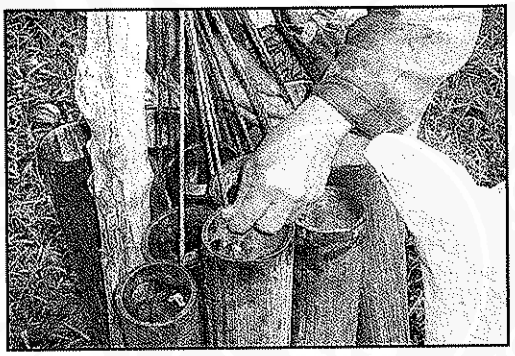


ข.กระบอกใส่น้ำตาลสด

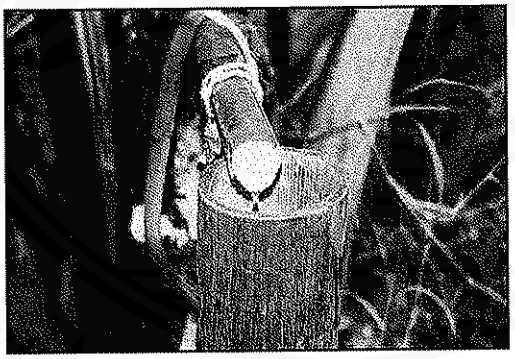
ค. การใช้ไม้เคาะงวงจาก

ภาพที่ 8 ขั้นตอนในการทำน้ำตาลจาก

ง. ใช้ทับปากงวงจาก



จ. การใส่เดี่ยมในกระบอก



ฉ.เก็บน้ำหวานจากสดใส่กระบอก

ภาพที่ 8 ขั้นตอนในการทำน้ำตาลจาก (ต่อ)

3. น้ำกากส่า

การผลิตสุรากลั่นจัดเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบหลัก โดยใช้เชื้อยีสต์ในการหมัก หลังจากนำน้ำหมักมากลั่นเป็นสุราแล้ว ส่วนที่เหลือจากการกลั่นที่เรียกว่าน้ำกากส่า (distillery waste) จะมีสีน้ำตาลเข้มเพราะผ่านการกลั่น 2 ครั้ง และมีกลิ่นคล้ายน้ำตาลไหม้ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำกากสาพบว่าองค์ประกอบหลักจะเป็นสารอินทรีย์

น้ำกากส่าเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากการกลั่นแยกแอลกอฮอล์ ซึ่งใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในการหมักมีสีน้ำตาลเข้มเพราะผ่านการกลั่น 2 ครั้ง และมีกลิ่นคล้ายน้ำตาลไหม้เมื่อยังสดอยู่มีลักษณะเป็นอินทรีย์สารที่เข้มข้นมีค่าบี.โอ.ดี (biochemical oxygen demand; BOD) และซี.โอ.ดี (chemical oxygen demand; COD) สูง มีความเป็นกรด และอุณหภูมิสูง องค์ประกอบของน้ำกากส่าแต่ละแหล่งจะมีค่าไม่เท่ากันทั้งก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด น้ำกากส่าก่อนและหลังการบำบัดจากโรงงานสุราแสงโสม ซึ่งวิเคราะห์ในปี พ.ศ. 2530 มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันตามส่วนต่าง ๆ ของระบบบำบัดน้ำเสีย คือ จากแหล่งที่ยังไม่มีการบำบัดทางชีวภาพ (stillage) และหลังจากบำบัด

3.1 ประเภทของน้ำกากส่า

วิธีบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (anaerobic pond) และบ่อบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ (aerobic pond) ซึ่งจะพบว่าสีของน้ำกากส่า (color intensity at 475 nm) ใน stillage จะมีค่าเท่ากับ 47 และหลังจากบำบัดด้วยระบบไร้อากาศ กับระบบใช้อากาศแล้วจะมีค่าลดลงเป็น 30 และ 27 ตามลำดับ ซึ่งระดับความเข้มสี 27 นี้ยัง จัดเป็นสีที่มีความเข้มสูงมาก น้ำกากส่า (เป็นของเหลว สีน้ำตาล) ของโรงงานสุรา มี 2 ประเภทด้วยกัน คือ

1. น้ำกากส่าสด คือน้ำกากส่าที่ออกจากหอกลั่นโดยตรงไม่สัมผัสเชื้อภายนอก ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 4.5–5.0 มีสารอาหาร และฮอร์โมนที่เหมาะสมกับสัตว์

2. น้ำกากส่าที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายแบบชีววิทยาที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic decom-position) น้ำกากส่าที่ผ่านกระบวนการนี้ จะเหมาะกับการใช้กับพืช โดยเฉพาะปาล์มน้ำมัน เพราะในน้ำกากส่าประเภทนี้จะมีสารอาหารพวกไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งเป็นสารอาหารที่พืชต้องการ (ชุมชนเกษตรสาเหล้า, 2547)

3.2 สีน้ำตาลเข้มของน้ำกากส่า

ในกากน้ำตาลนอกจากจะมีน้ำตาลชนิดต่าง ๆ เช่น glucose sucrose fructose และ raffinose ที่ยีสต์สามารถใช้ในการหมักแอลกอฮอล์แล้ว ยังมีส่วนที่ยีสต์ไม่สามารถใช้ในการ

หมักแอลกอฮอล์ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพวกคาราเมล (caramel) ของน้ำตาลต่าง ๆ และสารเมลานอยดิน (melanoidin) คาราเมลเป็นสารที่ไม่มีธาตุไนโตรเจน เกิดจากการที่น้ำตาลได้รับความร้อนมากเกินไปในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ส่วนสารเมลานอยดิน เป็นสารที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เกิดจากการควบแน่นของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ กับกรดอะมิโน ทำให้มีสีน้ำตาลเข้มสีของเมลานอยดินเกิดจากปฏิกิริยาเมล์ลาด (mallard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีความซับซ้อนมาก และยังไม่มีคำจำกัดความที่เหมาะสมสำหรับการเกิดปฏิกิริยานี้ อย่างไรก็ตามอย่างน้อยที่สุดปฏิกิริยาจะต้องประกอบด้วยหมู่อะมิโน น้ำตาล และน้ำเล็กน้อย (สุจินต์ พนาบ่วุฒิกุล, 2527)

3.3 กากน้ำตาล

กากน้ำตาล (molasses) เป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตน้ำตาล ซึ่งเป็นกากที่แยกได้ครั้งสุดท้ายและไม่นำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายอีก กากน้ำตาลมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 4-5 ของปริมาณอ้อยที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทราย ในการผลิตน้ำตาลทราย 1 ตันจะใช้น้ำอ้อยเป็นวัตถุดิบ 10 ตัน ซึ่งในกระบวนการผลิตน้ำตาลมีของเสียที่สำคัญเกิดขึ้น 2 ชนิด คือ ชานอ้อย คิดเป็นปริมาณ 3 ตัน กากอ้อยส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงและวัตถุดิบในการผลิตกระดาษและไม้อัด อีกส่วนหนึ่งคือกากน้ำตาลเป็นกากที่แยกได้ครั้งสุดท้าย และไม่ถูกนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลอีก กากน้ำตาลที่เกิดขึ้นคิดเป็นปริมาณ 500 กิโลกรัม หรือคิดเป็นประมาณร้อยละ 4-5 ของปริมาณอ้อยที่ใช้ (ภาวิณี ชัยประเสริฐ และคณะ, 2544)

3.4 การใช้ประโยชน์จากกากน้ำตาล

ในปัจจุบันแหล่งน้ำตาลที่สามารถหมักได้ที่มีราคาถูกที่สุดคือ กากน้ำตาล ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือจากการผลิตน้ำตาลทราย กากน้ำตาลเข้มข้น 80 บริกซ์ (brix) จะมีน้ำตาลที่สามารถประมาณร้อยละ 50-60 เป็นน้ำตาลที่สามารถหมักได้ง่าย กากน้ำตาลมีความดันออสโมติก (osmotic pressure) สูง จึงทำให้เกิดการปนเปื้อนโดยจุลินทรีย์ได้ยาก ซึ่งกากน้ำตาลนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ เช่น การผลิตยีสต์เพื่อทำขนมปัง (baker's yeast) ผลิตอาหารสัตว์ การผลิตยา การผลิตกรดกลูตามิก (glutamic acid) การผลิตโมโนโซเดียม-กลูตาเมต หรือ ผงชูรส การผลิตแอลกอฮอล์และการผลิตสุรา ซึ่งกากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสุราที่มีองค์ประกอบด้วยสารอาหารและแร่ธาตุต่าง ๆ ดังแสดงตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของกากน้ำตาลที่ประกอบด้วยสารอาหารและแร่ธาตุต่าง ๆ

Component	Usual range (%)	Indicative average (%)
Water	17.0-25.0	20.0
Sucrose	30.0-40.0	35.0
Dextrose (Glucose)	4.0-9.0	7.0
Laevulose (Fructose)	5.0-12.0	9.0
Other reducing substances	1.0-5.0	3.0
Other carbohydrates	2.0-5.0	4.0
Ash	7-15	12.0
Nitrogenous compounds	2.0-6.0	4.5
Non-Nitrogenous acids	2.0-8.0	5.0
Wax, Sterols and Phospholipids:	0.1-1.0	0.4
- 1-Triacontanol		
- Phytosterol		
- Stigmasterol		
- Pigments:		
- Chlorophyll		
- Tannins		
- Anthocyanins		
- Vitamins		

ที่มา : โรงงานสุราสรรพสามิต (2542)

3.5 การผลิตสุรากลั่นด้วยกากน้ำตาล

การหมักแอลกอฮอล์ที่รู้จักโดยทั่วไป เป็นการหมักโดยใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces* sp. เป็นการหมักที่เกิดขึ้นในสภาพที่ไม่ต้องการอากาศ ตามทฤษฎียีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้ร้อยละ 51.1 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 48.9 โดยน้ำหนักของน้ำตาลดังสมการและวิตามินที่พบในกากน้ำตาลดังแสดงตารางที่ 3

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{Yeast}} 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2$$

Hexose → Ethanol + Gas

(ภาวิณี ชัยประเสริฐ และคณะ, 2544)

ตารางที่ 3 ชนิดของวิตามินที่พบในกากน้ำตาล

วิตามิน	ปริมาณ (µg/g)
Biotin (H)	1-3
Choline (B_4)	880
Folic acid (B complex)	0.3-0.4
Niacin (B complex)	17-30
Pantothenic acid (B complex)	20-60
Riboflavin (B_6)	1-7
Thinmine (D_1)	0.6-1.0

3.6 **ลักษณะและปริมาณน้ำเสียจากโรงงานสุรา** กลุ่มสุราทิพย์ (2542)

น้ำเสียที่เกิดจากขบวนการผลิตสุรามีอยู่ 2 ประเภท คือ

1. น้ำเสียที่มีค่าบีโอดีต่ำ ได้แก่ น้ำล้างขวด ตะกอนยีสต์ และน้ำทิ้งจากอาคารต่าง ๆ โดยมีค่า BOD ประมาณ 80-120 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่กำลังการผลิตสุรา 100 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีปริมาณน้ำเสีย 150 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

2. น้ำเสียที่มีค่าบีโอดีสูงหรือน้ำกากสา ได้แก่ น้ำเสียจากขบวนการกลั่น โดยพบว่าในขบวนการกลั่นสุรามีน้ำกากส่าออกมาจากหอกลั่น โดยเป็นแหล่งที่มีปริมาณน้ำเสียมากที่สุด ซึ่งปริมาณน้ำกากส่าของโรงงานสุราเขตต่างๆ อยู่ในระหว่าง 300-450 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ขึ้นอยู่กับเขตการจำหน่ายของแต่ละโรงงาน ลักษณะทางกายภาพของน้ำกากส่ามีสีน้ำตาลเข้มเช่นเดียวกับของน้ำกากส่า ซึ่งมีค่า BOD และ COD สูง โดยมีค่า BOD สูงประมาณ 40,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่า COD สูงประมาณ 140,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสามารถสรุปลักษณะตัวอย่างของน้ำกากส่าจากโรงงานสุราแห่งหนึ่งได้ ดังแสดงในตารางที่ 4 และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำกากส่าแห้งได้ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 คุณลักษณะของน้ำกากส่าจากโรงงานสุรา กรมสรรพสามิต

คุณลักษณะ	ค่าโดยประมาณ
ความเป็นกรด-ด่าง	4.1-4.7
อุณหภูมิ	> 40 (องศาเซลเซียส)
ซีโอดี	90,000-13,000 (มิลลิกรัมต่อลิตร)
บีโอดี	20,000-45,000 (มิลลิกรัมต่อลิตร)
สารที่แขวนลอย	14,000 (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ปริมาณของแข็งทั้งหมด	75,000-110,000 (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	2,000-2,400 (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ฟอสเฟต	85-200 (มิลลิกรัมต่อลิตร)
โปแตสเซียม	2,500-10,000 (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ซัลเฟต	3,000-5,000 (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ปริมาณน้ำที่ออกมา	800-1,200 (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกากส่าแห้ง

องค์ประกอบ	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
แร่ธาตุต่าง ๆ	28.5-29.0
น้ำตาลคอปเปอร์รีดิวซ์	0.0-12.0
โปรตีน	8.0-10.0
กรดระเหยง่าย	1.0-2.0
กรดแลคติก	4.0-5.0
กรดอินทรีย์	1.0-2.0
กลีเซอรอล	5.0-6.0
ขี้ผึ้งและอื่น ๆ	12.0-22.0

ที่มา : ภาวิณี ชัยประเสริฐ และคณะ (2544)

กรมพัฒนาที่ดินร่วมกับองค์การสุราวิจัยคุณสมบัติน้ำกากส่า และวัสดุเหลือใช้จากโรงงานสุรา เพื่อนำมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ พร้อมทดลองใช้ในพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด และพืชผัก ก่อนเผยแพร่และส่งเสริมให้เกษตรใช้ต่อไป นายอรรถ สมร่าง อธิบดีกรมพัฒนาที่ดิน เปิดเผยว่า ขณะนี้ได้จัดทำข้อตกลงความร่วมมือทางวิชาการด้านการวิจัย พัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี ร่วมกับองค์การสุรากรมสรรพสามิต กระทรวงการคลัง เพื่อนำวัสดุที่เหลือใช้จากการผลิตแอลกอฮอล์ขององค์การสุรา ได้แก่ กากส่า น้ำกากส่า มาศึกษาวิจัย และปรับปรุงคุณภาพ นำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมัก และปุ๋ยชีวภาพ ใช้ประโยชน์ทางการด้านการเกษตรได้อย่างมีคุณภาพ ทั้งนี้ในเบื้องต้นกรมพัฒนาที่ดินได้จัดตั้งคณะทำงาน โดยมี นางวรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ เป็นผู้รับผิดชอบหลักในการศึกษาและวิจัยถึงคุณสมบัติ ทั้งทางด้านเคมีและชีวภาพของกากส่า น้ำกากส่า และวัสดุเหลือใช้จากโรงงานสุรา เพื่อนำมากำหนดเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์โดยตรง เปรียบเทียบกับวิธีการนำน้ำกากส่าผ่านกระบวนการหมักร่วมกับสารเร่ง และจะทดลองในเรือนกระจกกับพืชชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวโพดหวาน พืชผัก ในวงเงินงบประมาณ 1-2 ล้านบาท ซึ่งหลังจากมีการศึกษาวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะได้มีการฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีกับเจ้าหน้าที่ขององค์การสุรา เพื่อเผยแพร่ให้กับเกษตรกรนำไปใช้ในการเพิ่มผลผลิตต่อไป

ด้านนายสิริพล โกสินทรเสนีย์ ผู้อำนวยการองค์การสุรา กล่าวว่า ความร่วมมือดังกล่าวจะเน้นการศึกษาถึงคุณสมบัติของกากส่าและน้ำกากส่า ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงงานสุราและมีเป็นจำนวนมากถึงประมาณวันละ 500,000 ลิตร โดยที่ผ่านมาองค์การสุราได้มีการนำน้ำกากส่าส่วนหนึ่งหมักร่วมกับชานอ้อย เพื่อจัดทำเป็นปุ๋ยชีวภาพจำหน่ายให้กับเกษตรกรในราคาถูกตันละ 400 บาท หรือกิโลกรัมละ 0.40 บาท แต่ยังประสบปัญหาในส่วนของขั้นตอนการหมักที่ใช้เวลานานประมาณ 3 เดือน ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งจะนำใส่ถังพลาสติกและฝังดินโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ ทั้งนี้เชื่อว่าความร่วมมือในครั้งนี้จะช่วยให้เกิดการพัฒนางานด้านวิจัยร่วมกัน และมีการใช้ประโยชน์จากน้ำกากส่าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4. ค่าสีของผลิตภัณฑ์

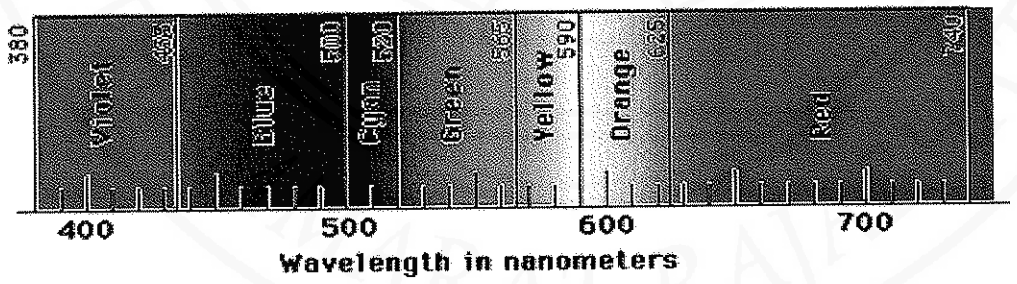
สีและการเปลี่ยนสีของอาหารมีความสำคัญต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ แม้ว่าสีจะไม่บ่งบอกถึงคุณค่าทางอาหาร รสชาติ หรือคุณสมบัติในการนำไปใช้งาน แต่สีให้ความสำคัญในแง่ของความชอบของผู้บริโภค สีในอาหารเกิดจากเม็ดสีเช่น ไมโอโกลบินในเนื้อสัตว์ หรือเกิดจากสารที่ไม่ใช่เม็ดสี เช่น การเกิดสีน้ำตาลเมื่อนำน้ำตาลไปเคี่ยวเป็นต้น สีอาหารอาจเกิดจากสีโดยธรรมชาติหรือเป็นการแต่งแต้มสีโดยตั้งใจของผู้ผลิต ในเรื่องของอาหารสีจะบ่งบอกถึงความแตกต่างของความแก่-อ่อน (maturity) ของผักและผลไม้บางชนิดได้ดี บางครั้งอาจใช้สีอาหารเป็นดัชนีในการคัดเลือกวัตถุดิบ ควบคุมขั้นตอนการผลิตและจัดแบ่งชั้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปดังนั้นจึงเกิดความจำเป็นในการคิดค้นวิธีการวัดสีอาหารและผลิตภัณฑ์

4.1 ปัจจัยในการเห็นสี ปัจจัยในการเห็นสีมี 3 ประการด้วยกันคือ

4.1.1 ต้นกำเนิดแสง ช่วงคลื่นแสงที่ตาคนเราสามารถมองเห็นคือช่วง 380-770 นาโนเมตร แสงในแต่ละช่วงคลื่นจะให้สีต่างๆ กัน (ภาพที่ 9) ในการวัดสีจำเป็นต้องใช้ต้นกำเนิดแสงอย่างเดียวกันทุกครั้งถ้าต้องการเปรียบผลของการวัดสีแต่ละครั้ง

4.1.2 วัตถุที่รับแสง เมื่อแสงมาตกกระทบวัตถุจะเกิดการดูดกลืนแสง หักเห หรือการสะท้อนของแสงขึ้นกับลักษณะสมบัติของวัตถุที่รับแสง ดังนั้นแสงซึ่งกระทบวัตถุแล้วกลับคืนมาสู่นัยน์ตาหรือเครื่องบันทึกปริมาณแสงจึงแตกต่างกันไปทำให้เห็นสีต่างๆ กัน หรือมีความมันแวววแตกต่างกัน

4.1.3 ตัวบันทึกปริมาณแสง เมื่อมองดูวัตถุนัยน์ตาคือตัวบันทึกแสง โดยทั่วไปนัยน์ตาคนจะสามารถบันทึกปริมาณแสงในช่วงคลื่นประมาณ 380-770 นาโนเมตรเท่านั้น ถ้านัยน์ตามีความผิดปกติจะทำให้การเห็นสีผิดไปได้ ในกรณีของเครื่องวัดสี ตัวบันทึกปริมาณแสงคือชิ้นส่วนในเครื่องซึ่งมีความไวต่อปริมาณแสง เช่น photosensitive cell ในเครื่องสเปกโทรโฟโตรมิเตอร์ (Fox, 1992 อ้างโดยจีราภรณ์ สังข์ผุด, 2549)



ภาพที่ 9 องค์ประกอบของคลื่นแสงในช่วง 380-770 นาโนเมตร

ที่มา: จีราภรณ์ สังข์ผุด, 2549

4.2 การวัดสีโดยใช้ระบบสีของฮันเตอร์ (Hunter Color System)

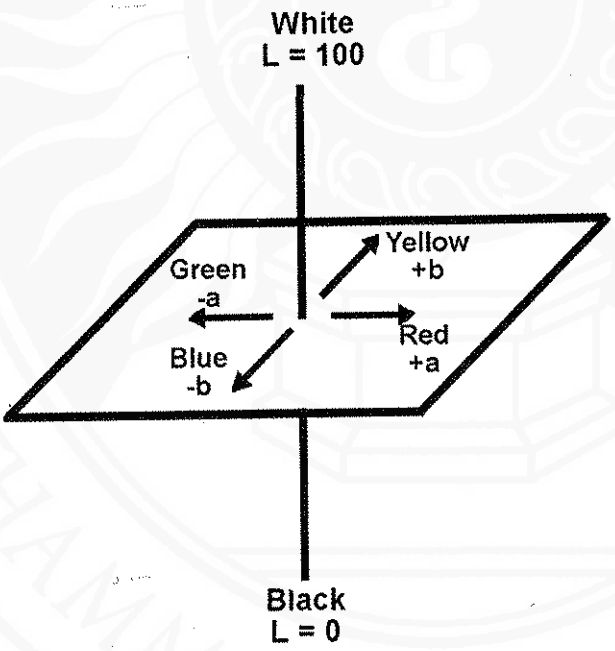
ระบบสีฮันเตอร์ CIE ประกอบด้วยตัวแปรสี 3 ตัว คือ L*, a*, b* ซึ่งมีความหมายดังนี้

L* คือ ความสว่างของสีซึ่งมีค่าจาก 0 คือ ค่าสีดำ ถึง 100 คือ สีขาว

a* คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดงที่อยู่ในตัวอย่าง
โดยค่า a (+) แสดงถึงความเป็นสีแดง
ค่า a (-) แสดงความเป็นสีเขียว

b* คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและน้ำเงินที่อยู่ในตัวอย่าง
โดยค่า b (+) แสดงถึงความเป็นสีเหลือง
ค่า b (-) แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

การแบ่งสเกลในการวัดของระบบสีฮันเตอร์ แสดงไว้ในภาพที่ 10 การวัดค่าสีในระบบ Hunter Color System มีเครื่องวัดสีคือ Hunter Color-Difference Meter ซึ่งวัดค่าสีออกมาเป็น L*, a*, b* (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2549)



ภาพที่ 10 ไดอะแกรมแสดงจำนวนสเกลของตัวแปรในระบบสีฮันเตอร์

ที่มา : HunterLab (1996)