บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตน้ำกระเจี๊ยบผสมน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำเชื่อมกระเจี๊ยบบรรจุขวด จึงมีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-Based Costing) และศึกษากระบวนการหมักน้ำส้มสายชูโดยใช้น้ำเชื่อมกระเจี๊ยบเป็นวัตถุดิบและกิจกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำกระเจี๊ยบผสมน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำเชื่อมกระเจี๊ยบบรรจุขวด เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการคำนวณและศึกษาต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของสินค้าประเภทน้ำกระเจี๊ยบผสมน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำเชื่อมกระเจี๊ยบบรรจุขวด

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-Based Costing)

ดุษฎี บุญธรรม (2556) การคำนวณต้นทุนกิจกรรมที่เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยให้สามารถมองเห็นต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรมได้อย่างชัดเจน ทำให้ผู้ประกอบการนั้นสามารถกำหนดราคาขายที่เหมาะสมและเห็นถึงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแต่ละกระบวนการอย่างชัดเจน เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตภายหน้าเพื่อรองรับเศรษฐกิจที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจทำให้ต้นทุนต่างๆ สูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นค่าแรง หรือวัตถุดิบก็ตามซึ่งแตกต่างกับวิธีการคิดแบบเดิมหรือแบบบัญชีทั่วไป

รุธิร์ พนมยงค์ และคณะ (2548) กล่าวว่าระบบต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-Based Costing) หรือระบบ ABC เป็นเครื่องมือในการบริหารงานในลักษณะการบริหารงานฐานคุณค่า (Value-Based Management) ซึ่งเชื่อมโยงการบริหารระดับองค์กรลงสู่ระบบการปฏิบัติงานประจำวัน โดยพิจารณาหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละหน่วยงานตลอดทั้งกิจการ (Cross-Functional) ในลักษณะที่มองกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กรเป็นภาพรวม (Integrated View) จุดประสงค์สำคัญของ ABC คือการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารในการเข้าใจพฤติกรรมต้นทุน (Cost Behavior) ทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในองค์กร ทำให้ทราบว่าอะไรเป็นปัจจัยที่ทำให้ต้นทุนกิจกรรมต่าง ๆ เพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยการระบุกิจกรรมขององค์กร ต้นทุนกิจกรรม และตัวผลักดันต้นทุน (Cost Driver) อันจะเป็นประโยชน์ต่อการคำนวณต้นทุนการผลิตหรือบริการและใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพทางด้านต้นทุนและการพัฒนากิจกรรมต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อลดความสูญเปล่าหรือกิจกรรมที่ไม่เพิ่มค่า ทั้งนี้ขั้นตอนการคำนวณต้นทุนกิจกรรม ABC แบ่งเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดกิจกรรม ในสถานปฏิบัติงานเป้าหมาย ซึ่งต้องพิจารณาในรายละเอียดให้ครบถ้วน

2. คำนวณหาต้นทุนของปัจจัยหรือทรัพยากร (Input) ที่ใช้ในกิจกรรมโลจิสติกส์ทั้งหมด โดยใช้

เอกสารทางบัญชีต่าง ๆ คำนวณแยกตามแต่ละปัจจัยเพื่อหาต้นทุนว่าแต่ละส่วนมีค่าใช้จ่ายเท่าใด ทั้งนี้ ข้อมูลเหล่านี้จะต้องปรากฏในเอกสารจึงควรขอความร่วมมือจากแผนกบัญชีและแผนกอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการเก็บข้อมูล

3. นำต้นทุนของทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละด้านที่คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 2 มากระจายตามแต่ละกิจกรรมตามจำนวนครั้งที่ปฏิบัติงานจริง โดยไม่มีข้อกำหนดตายตัวว่าควรกระจายต้นทุนทรัพยากรไปในกิจกรรมใด เป็นจำนวนเท่าใด จำแนกเป็นกิจกรรมย่อยหรือมองเป็นกิจกรรมใหญ่ และจะต้องมีความเหมาะสมตามสภาพการณ์จริงขององค์กร เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้ ผู้วิเคราะห์ก็จะได้ข้อมูลต้นทุนของกิจกรรมทั้งหมด

4. การนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณต้นทุนรายกิจกรรม

5. เก็บรวบรวมข้อมูล ปริมาณงานของแต่ละกิจกรรม ซึ่งหมายถึงจำนวนครั้งของการปฏิบัติกิจกรรมนั้น ๆ สิ่งที่ควรสังเกตคือ หน่วยของแต่ละกิจกรรมที่จะแตกต่างกัน โดยปกติหน่วยงานที่มีการบันทึกข้อมูลในลักษณะนี้มีน้อยมาก ส่วนใหญ่ผู้วิเคราะห์จะต้องเข้าไปเก็บข้อมูลปริมาณการปฏิบัติงานจริงในสถานปฏิบัติงาน ซึ่งแม้จะค่อนข้างลำบากแต่ผลที่ได้นับว่าคุ้มค่าเพราะทำให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ เพื่อนำมาสู่การจัดการโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปรับปรุงระบบการควบคุมและจัดการการกระจายสินค้าให้ก้าวหน้าพร้อมกับมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

6. คำนวณต้นทุนต่อหน่วยของกิจกรรม โดยนำต้นทุนรวมของแต่ละกิจกรรมมาหารด้วยปริมาณการปฏิบัติงาน

โดยทั่วไปในการผลิตสินค้าหรือบริการหน่วย ที่ทำการผลิตจะต้องกำหนดได้ว่าผลผลิตแต่ละหน่วยจะต้อง ผ่านกระบวนการหรือดำเนินกิจกรรมอย่างไรบ้าง ในการคำนวณต้นทุนผลผลิตนั้นวิธีที่เป็นที่นิยมโดยทั่วไป คือการคิดต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity Based Costing : ABC) ระบบนี้จะเน้นการบริหารต้นทุน โดยแบ่งการดำ เนินขององค์กรออกเป็นกิจกรรมต่าง ๆ จะช่วยให้ทราบว่าการดำเนินงานขององค์กร ประกอบด้วยกิจกรรมอะไรบ้าง เอาที่ต้องใช้ไปในแต่ละกิจกรรม รวมทั้งผลที่ได้จากการประกอบกิจกรรมนั้น ขั้นตอนของระบบ ABC จึงประกอบไปด้วยการกำหนดกิจกรรมการคิดต้นทุนกิจกรรม และ การวัดผลการปฏิบัติงาน ทั้งในรูปของเวลาและคุณภาพ เปรียบเทียบวิธีการคิดต้นทุนผลผลิตตามระบบต้นทุนเดิมกับระบบต้นทุนฐานกิจกรรม ส่วนที่เหมือนกัน คือ วิธีการคำนวณต้นทุนวัตถุดิบทางตรงและค่าแรงทางตรงเข้าเป็นต้นทุนผลผลิตโดยตรง และใช้การปันส่วนค่าใช้จ่ายการผลิตและวิธีการปันส่วนในแต่ละขั้นตอน แนวคิดระบบ บัญชีต้นทุนแบบเดิม จะรวมค่าใช้จ่ายการผลิต ซึ่งเกิดจากการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ เข้าแผนกหน่วยงานต่าง ๆ เป็นขั้นที่ 1 แล้วปันส่วนต้นทุนของแผนกนั้นเข้าไปในตัวผลิตภัณฑ์เป็นขั้นที่ 2 แนวคิดระบบบัญชีต้นทุนฐานผลิตภัณฑ์ จะรวมค่าใช้จ่ายการผลิตเข้าไปในกิจกรรมเป็นขั้นที่ 1 แล้ว คำนวณต้นทุนของกิจกรรมเข้าในตัวของผลิตภัณฑ์เป็นขั้นที่ 2

ในการคำนวณต้นทุนผลผลิตนั้น วิธีที่เป็นที่นิยมโดยทั่วไปคือการคิดต้นทุนกิจกรรม (Activity Based Costing : ABC) ประกอบด้วยการคำนวณกิจกรรม การคิดต้นทุนกิจกรรมและการวัดผลการปฏิบัติงาน ทั้งในรูปของเวลาและคุณภาพ กระบวนการของ ABC ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดตัวผลผลิตหรือบริการขององค์การ
2. วิเคราะห์กิจกรรมที่จจำเป็นต้องใช้เพื่อให้เกิดตัวผลผลิตหรือบริการ
3. กำหนดตัวผลักดันต้นทุน (Cost driver) คือเป็นตัวกำหนดต้นทุนที่ได้จากการทำกิจกรรม
4. ระบุต้นทุนทางตรงและปันส่วนต้นทุนทางอ้อมเข้าสู่กิจกรรมต่าง ๆ
5. เชื่อมโยงกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับตัวผลผลิตหรือบริการ และปันส่วนต้นทุนทรัพยากรที่ใช้ไปในกิจกรรมต่าง ๆ เข้าสู่ผลผลิตหรือบริการ
6. กำหนดเป้าหมายทั้งระยะสั้นและระยะยาวและปัจจัยสำคัญที่ทำให้องค์กรประสบความสำเร็จ
7. บริหารและควบคุมกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนประเมินความมีประสิทธิผลและความมีประสิทธิภาพของกิจกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้น

Sirima (2002) ได้รวบรวมข้อมูลต้นทุนโดยแบ่งออก เป็นวัตถุดิบทางตรง แรงงานทางตรง และโสหุ้ยการผลิต ซึ่งข้อมูลต้นทุนของสินค้าถูกคำนวณด้วยวิธีการบัญชีต้นทุนกิจกรรม โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้นเป็นเครื่องมือในการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูล และสร้างรูปแบบการจัดสรรต้นทุนจากทรัพยากรไปสู่กิจกรรม ลงไปสู่ผลิตภัณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างต้นทุนแบบ เดิมพบว่ามีผลิตภัณฑ์กลุ่มที่ขาดทุน 14.8% กลุ่มที่ขาดทุน ในส่วนกำไร 14.8% และกลุ่มที่แสดงให้เห็นว่ามีกำไรมากกว่าเดิม 70.4%

Wen-Hsien (1996) ได้นำระบบต้นทุนกิจกรรมมาใช้ในการปรับปรุงการคิดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ประเภทข้อต่อเพื่อให้มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้นกว่าแบบเดิม ซึ่งทางผู้วิจัยได้นำต้นทุนค่าใช้จ่ายในโรงงาน (Overhead Cost) โดยใช้กิจกรรมต่างๆ เป็นตัวกลางในการกำหนดค่าใช้จ่าย โดยในงานวิจัยนี้เป็นการเสนอแนวทางการจัดทำต้นทุนกิจกรรมอย่างง่ายๆ ของผลิตภัณฑ์ประเภทข้อต่อ

John et.al. (2006) ได้ทำการศึกษาต้นทุนผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยของสายการประกอบแบบไม่ต่อเนื่องกับสายผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่าต้นทุนในการดำเนินงานโดยรวมของสายการผลิตทั้ง 2 แบบ ไม่มีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากลักษณะของสภาพ แวดล้อมในการปฏิบัติงานและประสบการณ์ทำงานของ พนักงานนั้นมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย มีเพียงค่าใช้จ่ายในโรงงาน (Overhead Cost) ที่เกิดความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากสายการประกอบแบบไม่ต่อเนื่องมีชั่วโมงการทำงานที่มากกว่าสายการผลิตแบบต่อเนื่อง

Gupta et.al. (2003) ได้กล่าวถึงหลักการบริหารต้นทุนกิจกรรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อเอาชนะข้อจำกัดการ คิดต้นทุนบัญชีแบบเดิมๆ และนำไปใช้เป็นกลยุทธ์ในการตัดสินใจในการปรับปรุงการดำเนินงานในด้านต่างๆ เช่น ในด้านวางแผนการผลิต การออกแบบผลิตภัณฑ์ การควบคุมและจัดการด้านคุณภาพ การจัดการสินค้าคงคลัง การจัดการด้านยอดการผลิต รวมถึงด้านแรงงาน

น้ำสายชูหมักจากผลไม้

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

น้ำส้มสายชูเป็นที่รู้จักกันเป็นเวลานาน ในท้องถิ่นต่างๆของประเทศไทยได้มีการทำน้ำส้มสายชูจาก น้ำตาลโตนด น้ำตาลมะพร้าวและน้ำผลไม้เกือบทุกชนิด โดยการนำเอาไหมาใส่ วางกระเบื้องทับบนปากไห หมักทิ้งไว้ให้เกิดน้ำส้มเองตามธรรมชาติ น้ำส้มสายชูหมัก (Venigar) มีองค์ประกอบสำคัญทางเคมีเป็น กรดอะซิติก (Acetic acid) หรือที่เรียกว่ากรดน้ำส้ม ซึ่งเป็นกรดอ่อน เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation reaction) ของอะซิตัลดีไฮด์หรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนพวกแอลเคน และแอลคีน การค้นพบ น้ำส้มสายชูเกิดขึ้นเมื่อหลายพันปีมาแล้ว โดยเริ่มจากการเกิดการเสียของผลิตภัณฑ์ไวน์องุ่นเนื่องจากมีการ ปนเปื้อนของแบคทีเรียจีนัส *Acetobacter* ซึ่งสามารถออกซิไดซ์เอทำนอลได้เป็นกรดอะซิติกในสภาพที่มี ออกซิเจนจึงเรียกผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้ว่า vinegar หรือน้ำส้มสายชูมาจากภาษาฝรั่งเศสว่า Vin aigre ซึ่งแปลว่า ไวน์ที่มีรสเปรี้ยว เนื่องจากรสชาติไม่ถูกปาก ไม่สามารถดื่มได้เช่นไวน์ทั่วไป ทำให้คิดเป็นไวน์เสียจึงทิ้งๆ ไป ต่อมาจึงมีการบริโภคน้ำส้มสายชูหมักโดยเริ่มจากการใช้เป็นสารกันเสียให้กับอาหารพวกเนื้อสัตว์ และ ผักอย่างไรก็ตามน้ำส้มสายชูหมักสามารถบริโภคได้โดยตรงในรูปของน้ำหมักอาหารกระป๋อง หรือนำมา เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่มต่างๆ ได้เช่นกัน ปัจจุบันได้มีการบริโภคน้ำส้มสายชูหมักอย่างแพร่หลายทั่วโลก ประมาณ 1 ล้านลิตรต่อปีโดยทั่วไปน้ำส้มสายชูหมักมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ระหว่าง 2.0 - 3.5 และ ต้องมีความเข้มข้นของกรดอะซิติกอย่างน้อย 4 % และมักจะมีเอทธานอลเจือปนอยู่น้อยกว่า 0.5 % ส่วนค่า ความหนาแน่น จุดเดือดจุดเยือกแข็งแรงตึงผิวและความหนืดจะมากหรือน้อยกว่าของน้ำบริสุทธิ์ขึ้นอยู่กับ ความ เข้มข้นของกรดอะซิติกและวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก จากการผลิตน้ำส้มสายชูหมักในอดีตมักจะได้จากผล ผลิตภัณฑ์ ไวน์ต่างๆ แต่ในปัจจุบันมีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากวัตถุดิบที่แตกต่างกันไป และมีการคัดเลือกจุลินทรีย์อย่างจำเพาะเจาะจงเพื่อให้ได้น้ำส้มสายชูหมักที่มีปริมาณกรดอะซิติกเหมาะสม นอกจากนี้การผลิตน้ำส้มสายชูหมักยังต้องคำนึงถึงคุณภาพ กลิ่น สี ตลอดจนรสชาติที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคด้วย ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือสภาวะที่เหมาะสมในการหมักกรดอะซิติกของเชื้อจุลินทรีย์จากการผลิตน้ำส้มสายชูจากเอทธานอล โดยใช้เชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 521 ในถังหมักขนาด 2.0 ลิตรบรรจุน้ำเลี้ยง 1.5 ลิตรโดยมีอัตราการไหล อากาศ 150 ml/min อัตราการกวน 150 rpm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 ชั่วโมง พบว่า ในระบบการหมัก แบบชั่วคราวและระบบกึ่งต่อเนื่องสามารถผลิตกรดอะซิติกได้30.76 และ 30.14 g/l ตามลำดับ นอกจากนี้ยัง พบว่าความเข้มข้นของเอทธานอลและความเข้มข้นของกรดอะซิติกในน้ำหมักมีผลต่อการหมักน้ำส้มสายชู ด้วย เนื่องจากประเทศไทยมีผลไม้ตามฤดูกาลหลากหลายชนิด เมื่อผลผลิตมีจำนวนมากกว่าความ ต้องการของตลาด จึงต้องมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ดังนั้นน้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ ได้รับความสนใจเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่ง มนัสสรและคณะ (2548) ได้รายงานถึงการหมักน้ำส้มสายชู ดู จากน้ำตาลจาก ปริมาตร 5 ลิตร โดยใช้เชื้อยีสต์สายพันธ์ Y2 สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้ 11.48% (v/v) ใน เวลา 3 วัน และเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ B2 สามารถผลิตกรดอะซิติก 4.18% (w/v) ในเวลา 27 วัน นอกจากนี้ ยังพบว่าการผลิตน้ำส้มสายชูหมักโดยใช้เชื้อ *Acetobacter aceti* ในน้ำหมักเริ่มต้นที่มีอัตราส่วนของน้ำมะพร้าว : น้ำมะม่วง : น้ำฟักเขียวเท่ากับ 1 :

0.4 : 0.6 (v/v) ตามลำดับและมีการเติมไดแอมโมเนียม ไฮโดรเจนฟอสเฟต (DAP) 0.2% (w/v) บ่มโดยให้อากาศ 1,800 ml/min ให้ปริมาณกรดสูงสุดเท่ากับ 3.36% (w/v) ในวันที่ 25 ของการหมัก

การหมักและประเภทของการหมัก

คำว่าการหมักหรือการดอง (Fermentation) หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงทำงเคมีของโมเลกุล ของสารในสารประกอบอินทรีย์ อาจเกิดได้ทั้งภายในสภาพที่มีออกซิเจน (Aerobic) และในสภาพที่ไม่มี ออกซิเจน (Anaerobic) เช่นการเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นกรดน้ำ ส้มโดยเชื้อ *Acetobacer aceti* ในสภาพที่มี ออกซิเจน และการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตส เป็นกรดแลคติค ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน นอกจากนี้ ยังแยกการ หมักดองอาหารโดยถือผลที่เกิดขึ้นเป็นหลัก โดยแบ่งออกได้ 3 ประเภท คือ

1. การหมักดองที่ทำให้เกิดแอลกอฮอล์ (Alcoholic fementation) การหมักดองที่ทำให้เกิดแอลกอฮอล์แอลกอฮอล์เป็นการน เอาอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต เช่น ข้าว น้ำผลไม้ มาหมักด้วยเชื้อยีสต์บาง ชนิดที่เหมาะสมในการหมัก โดยที่ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ตัวอย่างของอาหารที่ทำขึ้นโดยการหมักดองแบบนี้ คือ ไวน์ ข้าวหมาก เบียร์ กระแช่ น้ำตาลเมา และสาโท เป็นต้น

2. การหมักที่ทำให้เกิดกรดแลคติค (Lactic acid fermentation) คือการหมักเปรี้ยวของเนื้อสัตว์ ผัก นมสด และผลไม้ โดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) จะเปลี่ยนน้ำตาลให้ เป็นกรดแลคติก การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวข้างต้นเกิดขึ้นในการทำพวกผักและผลไม้ดอง เช่น กะหล่ำปลี ผักกาดดอง แตงกวาดอง เป็นต้น การท าเนื้อสัตว์ปลาและนมเปรี้ยว การเกิดกรดแลคติกนี้ไม่ต้องใช้ ออกซิเจน กรดที่เกิดจากการหมักนี้มีประมาณ 0.6-1.5 %

3. การหมักดองที่ทำให้เกิดกรดอะซิติก (Acetic acid fermentation) การหมักดองที่ทำให้เกิดกรดอะซิติก ได้แก่ การทำน้ำส้มสายชูหมัก ซึ่งเป็นน้ำส้มที่ได้จากการหมักพวกธัญพืชหรือผลไม้ กระบวนการเกิด น้ำส้มสายชูจะเกิดขึ้นภายหลังจากที่เกิดแอลกอฮอล์แล้วแอลกอฮอล์จะถูกเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติก ด้วย แบคทีเรียที่ชื่อ *Acetobacter aceti* ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน

ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาหาร น้ำส้มสายชูต้องมีกรดอะซิติก ไม่น้อยกว่า 4 % โดยปริมาตร ไม่ มีสิ่งเจือปน กลิ่นจะเป็นไปตามที่มาของกระบวนการทำน้ำส้มสายชูหมักจะเกิดการเปลี่ยนทำงเคมี 2 ขั้นตอน คือ ในขั้นแรกจะมีวิธีการเหมือนกับการทำไวน์ผลไม้ เริ่มจากเอนไซม์จากยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* โดยเอนไซม์เปลี่ยนน้ำตาลในน้ำผลไม้ให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ ปฏิกิริยานี้ไม่ต้องการออกซิเจน ดังนั้นควร หมักในสภาพที่ไม่มีอากาศ ดังสมการ

$$\text{น้ำตาล} \xrightarrow{\text{ยีสต์}} \text{แอลกอฮอล์} + \text{คาร์บอนไดออกไซด์} + \text{พลังงาน}$$

เมื่อการหมักครั้งแรกสิ้นสุดลง การหมักขั้นที่สองก็จะเริ่มขึ้น โดยในขั้นนี้แบคทีเรียที่สร้างกรดน้ำส้ม เช่น *Acetobacter aceti , Acetobacter xylinum* ก็จะเปลี่ยนเอทิลแอลกอฮอล์หรือเอทำนอลให้ กลายเป็นกรดอะซิติก ปฏิกิริยานี้ต้องหมักในสภาพที่มีอากาศ ดังสมการ

แบคทีเรีย

เอทิลแอลกอฮอล์ + ออกซิเจน ⟶ กรดอะซิติก + น้ำ

การหมักน้ำส้มสายชูควรหมักที่อุณหภูมิประมาณ 22-30 องศาเซลเซียส หรือเก็บไว้ในห้อง การหมักกินเวลาประมาณ 2-3 เดือน เนื่องจากปฏิกิริยานี้ต้องการอากาศมาก ดังนั้นเมื่อแอลกอฮอล์เปลี่ยนเป็น น้ำส้มหมดแล้ว ควรนำไปบรรจุให้เต็มขวด และไม่ควรให้มีอากาศเหลืออยู่เพื่อป้องกันไม่ให้อะซิติก แบคทีเรียและแบคทีเรียบางชนิดที่เหลือไปเปลี่ยนกรดน้ำส้มจะทำให้กลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

ในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก ถ้าใช้วัตถุดิบประเภทต่างๆที่ไม่ใช้แอลกอฮอล์จะต้องมีการนำวัตถุดิบนั้นมาหมักให้ได้แอลกอฮอล์ ก่อนด้วยเชื้อยีสต์จากนั้นจึงหมักแอลกอฮอล์ที่ได้เพื่อผลิตกรดอะซิติก โดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียที่สามารถออกซิไดซ์แอลกอฮอล์เป็นกรดอะซิติกได้ ดังนั้นจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องใน กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจึงแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. เชื้อยีสต์

ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่ใชในการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ไวน์ เบียร์ไซเดอร์ (cider) สุรากลั่น ขนมปังโปรตีนเซลล์เดียวและที่สำคัญคือ เอทธานอลโดยยีสต์ที่ใช้สำหรับผลิตเอทธานอลระดับอุตสาหกรรม คือ *Saccharomyces cerevisiae, S. uvarum (carlsbergensis), Shizosaccharomyces pombe* และ *Kluyvermyces fragilis* สำหรับ *Sacch. cerevisiae* เป็นยีสต์ที่ทนต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆที่ไม่ เหมาะสมได้ดีกว่ายีสต์ชนิดอื่นดังนั้นในปัจจุบันการผลิตเอทธานอลส่วนใหญ่จงใช้ ยีสต์ *Sacch. cerevisiae* การพิจารณาคัดเลือกจุลินทรีย์มาใช้สำหรับการผลิตเอทธานอลนั้น การให้ผลผลิตสูงและมีอัตราการหมัก เอทธานอลสูงเป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญเป็นอันดับแรก นอกจากนี้ลักษณะที่ได้รับความสนใจในการ คัดเลือกยีสต์ที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเอทธานอลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและสารเคมีคือ ความทน เอทธานอล ความทนอุณหภูมิสูง ความทนแรงดันออสโมซิส และความสามารถในการจับกลุ่มตกตะกอน ปัจจัยเหล่านี้ได้รับความสนใจ ทั้งนี้เพราะตามทฤษฎีการหมักเอทธานอล จากน้ำตากลูโคส 1 g จะให้ เอทธานอล 0.51 g แต่ในทำงปฏิบัติทั่วไป กลูโคส 1 g จะให้เอทธานอลประมาณ 90% ของผลผลิตทำง ทฤษฎี (theoretical yield) ของเอทธานอลเท่านั้น และมีส่วนหนึ่งนำไปสร้างเซลล์นอกจากนั้น ประสิทธิภาพ การหมักเอทธานอลอาจลดลงและการหมักยาวนานขึ้นเนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง ที่สำคัญที่สุดคือการยับยั้ง ด้วยเอทธานอล โดยทั่วไปพบว่าการเจริญและการหมักเอทธานอลของยีสต์จะถูกยับยั้งด้วยเอทธานอล กล่าวคือ เอทธานอลเข้มข้น 1-2% โดยน้ำหนักจะทำให้ การเจริญของยีสต์ลดลงและการเจริญของยีสต์จะ หยุดเมื่อมีเอทธานอล 4.7-7.8 % โดยน้ำหนัก (Panchal and Tavares, 1990) จากรายงานของ Sera และคณะในปีค.ศ. 2000 พบว่าการแยก *Saccharomyces cerevisiae* 4 สายพันธุ์ที่ทนอุณหภูมิสูง ทนแรงดันออสโมซิส จับ กลุ่มตะกอนได้และทุกสายพันธุ์เจริญได้ที่ 44 องศาเซลเซียส โดยสายพันธุ์ V 3 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้เอทธานอล

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

สูงสุด เท่ากับ 60 g/l จากกลูโคส 150 g/l ในขณะที่บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส สามารถผลิตเอทธานอลได้75 g/l ตามปกติยีสต์ เจริญได้ดีที่ pH 5.5 และมีน้ำตาลพวก hexose, ammonium salt, เกลือแร่, trace elementและวิตามินบางชนิด เป็นแหล่งของสารอาหาร

นอกจากนี้ยังมีการคัดเลือกยีสต์ สำหรับผลิตแอลกอฮอล์เพื่อนำไปผลิตกรดโดยตรง อาทิเช่น ในการ ผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์หรือ wine vinegar ยีสต์ที่ใช้คือ *Saccharomyces ellipsoideus* ซึ่งคัดเลือกมาให้หมักไวน์ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้น้ำส้มสายชูหมักที่มีกลิ่นและรสดี นอกจากนี้ยังมียีสต์ในจีนัส *Saccharomyces* อีกหลายสายพันธุ์ที่ใช้หมักแอลกอฮอล์เพื่อเป็นวัตถุดิบในการหมักน้ำส้มสายชู ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces diastaticus* และ *Saccharomycescarlsbergensis* เป็นต้น

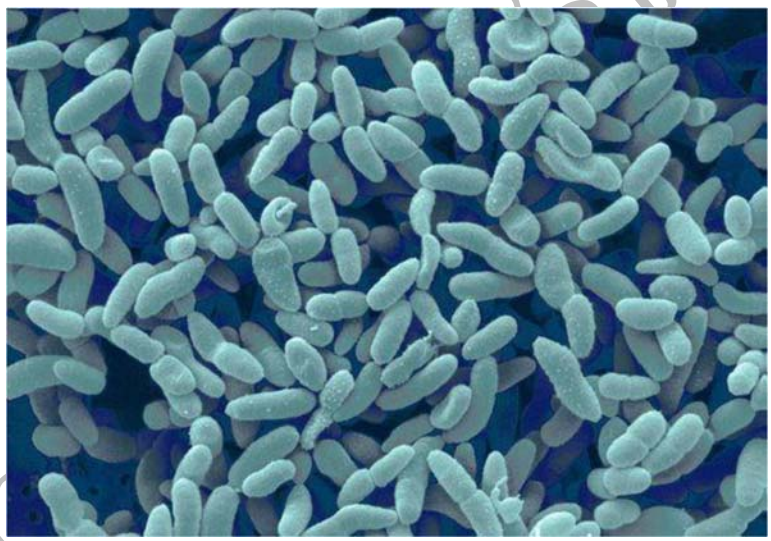
ภาพที่ 2 รูปแสดงเซลล์ของยีสต์และการแตกหน่อ (budding) ของ *Saccharomyces cerevisiae*
ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1509/Saccharomycescerevisiae (สืบค้น 17 ตุลาคม 2560)

2. แบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติก (acetic acid bacteria)

แบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดอะซิติกได้ คือ แบคทีเรียในแฟมิลี *Acetobacteraceae* จีนัส *Acetobacter* และ *Gluconobacter* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ เซลล์มีรูปร่างแท่งสั้น อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวหรืออยู่เป็นคู่จัดเป็น obligate aerobes มีลักษณะเฉพาะคือสามารถออกซิไดซ์เอทธานอลเป็นกรดอะซิติกได้ในปริมาณที่มากกว่า และสามารถออกซิไดซ์กรดอะซิติกต่อไปได้จนกลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ จึงเรียกแบคทีเรียพวกนี้ว่า “โอเวอร์ออกซิไดซ์เซอร์” (Overoxidizer) และเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ในสภาพแวดล้อมที่มี pH 5.4-6.3 สำหรับจีนัส *Acetobacter* จะมี peritrichous flagella และสามารถออกซิไดส์กรดอะซิติกเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำได้โดยอาศัยวัฏจักรเครปส์ส่วนจีนัส *Gluconobacter* มี polar flagella ไม่สามารถออกซิไดซ์

กรดอะซิติกต่อได้ เนื่องจากมีวัฏจักรเครปส์ที่ไม่สมบูรณ์ จึงเรียกว่า “อันเดอร์ออกซิไดซ์เซอร์ (Underoxidizer) ซึ่งความสามารถในการอกซิไดซ์เอทานอลไปเป็นกรดอะซิติก สามารถที่จะไปใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตน้ำส้มสายชูซึ่งมีรสเปรี้ยวที่เกิดจากกรดอะซิติกเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งตามมาตรฐานอุตสาหกรรมต้องมีกรดอะซิติกไม่น้อยกว่า 4 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ดังนั้นการผลิตน้ำส้มสายชูจึงเลือกใช้ *Acetobacter* โดยเลือกใช้สายพันธุ์ที่สามารถให้ปริมาณกรดอะซิตกมากกว่า 4 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร

นอกจากนี้ทั้ง 2 จีนัส ยังมีความแตกต่างกันที่ปฏิกิริยาทางชีวเคมีด้วย แบคทีเรียกลุ่มนี้พบได้ทั่วไปในธรรมชาติที่มีแอลกอฮอล์ที่เกิดจากการหมักน้ำตาลหรือแป้งในพืชของยีสต์พบในน้ำหวานของดอกไม้ ผลไม้ น้ำผึ้ง สาเก ไวน์ปาล์ม ไวน์องุ่น ไซเดอร์ ผลไม้เน่า น้ำผลไม้สด ตลอดจนบริเวณผิวหน้าของเบียร์หรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ยังไม่ผ่านการพาสเจอไรส์ ทั้งนี้ทำให้เกิดการเสียของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์โดยเฉพาะไวน์กลายเป็นน้ำส้มสายชู ปัจจุบันการผลิตในระดับอุตสาหกรรมจะใช้แบคทีเรียจีนัส *Acetobacter* ผลิตน้ำส้มสายชูหมัก



ภาพที่ 3 รูปร่างลักษณะของแบคทีเรีย *Acetobacter aceti*

สำหรับคุณสมบัติของเชื้อในสกุล *Acetobacter* แสดงอยู่ในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเชื้อแบคทีเรียแบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดอะซิติกได้คือ *Acetobacter* และ *Gluconobacter* เชื้อทั้งสองชนิดนี้แม้อยู่ในสกุลเดียวกันแต่ก็มีความแตกต่างกันตรงที่ *Acetobacter* สามารถผลิตกรดอะซิติกขึ้นได้มากกว่า *Gluconobacter*

เทคโนโลยีการหมักและความสำคัญ

เทคโนโลยีการหมัก (Fermentation Technology) เป็นขอบเขตหนึ่งของเทคโนโลยีชีวภาพ เป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่นำเอาจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม โดยอาศัยการจัดการ

สภาพแวดล้อมให้เหมาะสมเพื่อกระตุ้นให้จุลินทรีย์เจริญเติบโต และเอื้อให้จุลินทรีย์สร้างน้ำย่อยหรือเอ็นไซม์เพื่อเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ ทั้งนี้สิ่งที่ต้องการจากกระบวนการ อาจเป็นเซลล์ของจุลินทรีย์เอง (เช่น โปรตีนเซลล์เดียวที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีน) หรือเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น (เช่น เอ็นไซม์ที่ใช้ผสมกับผงซักฟอกเพื่อกาจัดคราบไขมัน คราบโปรตีน) หรือผลิตภัณฑ์ที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้นในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ (เช่น กรดซิตริก หรือกรดมะนาว)

ชนิดของการหมัก

การหมักสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. การหมักเพื่อผลผลิตเป็นตัวเซลล์ (Micro cell or biomass) การผลิตเซลล์จุลินทรีย์ที่สำคัญทางการค้า ยกตัวอย่างเช่น การผลิตเซลล์ยีสต์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมขนมอบ (Baker, s yeast) เป็นต้น

2. การหมักที่ให้ผลผลิตเป็นเอนไซม์ (Microbial enzyme) สาหรับการใช้ประโยชน์ของเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหาร เนื่องจากการผลิตเอนไซม์ สามารถผลิตได้ทั้งจากพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จัดเป็นแหล่งผลิตเอนไซม์ที่มีความสำคัญมากสุด และสามารถผลิตได้จานวนมากในเวลาอันสั้น โดยใช้เทคนิคการหมักและสามารถปรับปรุงให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นมากกว่าการผลิตจากพืชและสัตว์

3. การหมักที่ให้ผลผลิตเป็นสารเมทาบอไลต์ (Microbial metabolite) โดยสารเมทาบอไลต์ดังกล่าว สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ สารเมทาบอไลท์ปฐมภูมิ (Primary metabolite) และสารเมทาบอไลท์ทุติยภูมิ (Secondary metabolite) สารเมทาบอไลท์ปฐมภูมิ เป็นสารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์จะผลิตสารเหล่านี้ในช่วง log phase ของการเจริญ ตัวอย่างของสารเมทาบอไลท์ที่มีความสำคัญทางการค้า ได้แก่ เอธานอล กรดซิตริก กรดกลูตามิก อะซิโตน วิตามิน สารเมทาบอไลท์ทุติยภูมิ เป็นผลผลิตจากระบวนการเมทาบอลิซึมปฐมภูมิ (Primary metabolism) สารเมทาบอไลท์นี้มีความสำคัญ เนื่องจากมีผลต่อจุลินทรีย์ชนิดอื่น เช่น ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้เป็นสารส่งเสริมการเจริญ (Growth promoter) หรือมีคุณสมบัติเป็นยารักษาโรค โดยพบสารเมทาบอไลท์ทุติยภูมิในจุลินทรีย์บางชนิดในช่วง Stationary phase

4. การหมักเพื่อการเปลี่ยนรูปของสารที่เติมลงไป (Transformation process) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารให้อยู่ในรูปที่คล้ายกันแต่มีราคาสูงขึ้น ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้เอนไซม์ จากจุลินทรีย์ หรือสารเคมีเป็นตัวเร่งทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากการใช้เอนไซม์จากจุลินทรีย์นั้นมีข้อดีกว่าการใช้สารเคมี เพราะมีความจำเพาะมากกว่า และสามารถทำได้ที่อุณหภูมิต่ำโดยไม่ต้องเติมโลหะหนักซึ่งเป็นสารมลพิษเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวอย่างของ Transformation process ที่รู้จักกันดี ได้แก่ กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชู (เป็นการเปลี่ยนเอธานอลไปเป็นกรดอะซิติก) อย่างไรก็ตาม Transformation process ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับสารที่มีราคาแพง เช่น สารปฏิชีวนะ สเตอรอยด์ (Steroid) และพรอสตาแกลนดิน (Prostaglandin) เป็นต้น

นอกจากนี้ Milic *et al.* (2007) ได้แบ่งการหมักตามความต้องการของอากาศได้เป็น 2 แบบ คือ

1. การหมักแบบใช้อากาศ (Aerobic fermentation) เช่น การหมักกรดอะซิติกและกรดซิตริก

2. การหมักที่ไม่ใช้อากาศ (Anaerobic fermentation) เช่น การหมักอะซิโตน การหมักก๊าซชีวภาพและบิวทานอล

ศึกษากระบวนการผลิต

ในกระบวนการผลิตน้ำกระเจี๊ยบผสมน้ำส้มสายชูหมักจากกระเจี๊ยบบรรจุขวดจะประกอบไป ด้วยขั้นตอนการผลิตหลัก 7 กระบวนการ คือ

กระบวนการที่ 1 การตรวจสอบวัตถุดิบ (Inspection) เป็นการทดสอบกรดแร่อิสระ กรดกำมะถัน กรดเกลือ และการตรวจน้ำส้มสายชูปลอม

กระบวนการที่ 2 การจัดเก็บวัตถุดิบ (Storage) ทำหน้าที่ในการจัดเก็บสารที่ผ่านการตรวจสอบขั้นต้น

กระบวนการที่ 3 การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำเชื่อมกระเจี๊ยบ (Vinegar Fermentation) แบ่งเป็นสองขั้นตอนคือการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ และการหมักแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดน้ำส้ม

กระบวนการที่ 4 การผสมน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำเชื่อมกระเจี๊ยบกับน้ำกระเจี๊ยบ (Mixing)

กระบวนการที่ 5 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ (Inspection) เป็นขั้นตอนการตรวจสอบน้ำกระเจี๊ยบผสมน้ำส้มสายชูหมักจากกระเจี๊ยบบรรจุขวดขั้นสุดท้ายก่อนส่งให้กับลูกค้าโดยมีการตรวจสอบแบบสุ่มตรวจ (Sampling) กับการตรวจสอบทั้งหมด (All Check)

กระบวนการที่ 6 การบรรจุขวด (Packing) เป็นการบรรจุน้ำกระเจี๊ยบผสมน้ำส้มสายชูหมักจากกระเจี๊ยบลงในขวดแก้วมีความจุปริมาณ 70 มิลลิลิตร

กระบวนการที่ 1 การตรวจสอบวัตถุดิบ (Inspection)

กระบวนการหมักน้ำส้มสายชู เกิดจากน้ำตาลในอาหารถูกทำให้แตกตัวโดยแบคทีเรียและยีสต์ ในขั้นแรกน้ำตาลจะถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นแอลกอฮอล์แล้วหมักแอลกอฮอล์ต่อไปกลายเป็นน้ำส้มสายชู

วัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอล

ในปัจจุบันการผลิตเอทานอลในระดับอุตสาหกรรมทั่วโลกประมาณ 93%จะใช้กระบวนการหมัก ซึ่งวัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตเอทานอลจะเป็นสารประกอบจาพวกคาร์โบไฮเดรตที่มีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวอยู่ในโครงสร้างโมเลกุล สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. วัตถุดิบประเภทน้ำตาล ได้แก่ น้ำอ้อย กากน้ำตาล และบีทน้ำตาล ยีสต์สามารถใช้วัตถุดิบประเภทนี้ได้โดยตรง และไม่ต้องผ่านกระบวนการใด ๆ

2. วัตถุดิบประเภทแป้ง ได้แก่ ธัญพืช ข้าวโพด มันสาปะหลัง และมันฝรั่ง เป็นต้น ในการผลิตเอทานอลนั้น แป้งในวัตถุดิบจะต้องถูกย่อย (Starch hydrolysis)ให้ได้น้ำตาลกลูโคสซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวก่อน ยีสต์จึงจะสามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอลได้ ซึ่งการย่อยแป้งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ

2.1 การย่อยครั้งแรกหรือการทำให้เหลว (Liquefaction) ขั้นตอนนี้จะใช้กรดหรือเอนไซม์กลุ่มแอลฟาอะมิเลส (*α-amylase*) ที่มีกิจกรรมการย่อยแป้งที่อุณหภูมิสูงประมาณ 80 ถึง 95

องศาเซลเซียส ให้ได้โมเลกุลขนาดเล็กลงและมีความหนืดลดลง ของเหลวที่ได้จะมีค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (Dextrose equivalent, DE) อยู่ในช่วง 10-15 เรียกว่า เด็กซ์ทริน

2.2 การย่อยครั้งสุดท้ายหรือการทาให้หวาน (Saccharification) ขั้นตอนนี้จะใช้เอ็นไซม์กลูโคอะมิเลส (Glucoamylase) ย่อยเด็กซ์ทรินให้ได้น้ำตาลที่มีขนาดโมเลกุลเดี่ยวหรือเล็กที่ยีสต์สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งโดยทั่วไปเอนไซม์ในกลุ่มนี้จะมีกิจกรรมที่อุณหภูมิสูงปานกลาง คือ ประมาณ 55 ถึง 65 องศาเซลเซียส

3. วัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลส ส่วนมากวัตถุดิบกลุ่มนี้จะเป็นผลิตผลพลอยได้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว กากอ้อย ซังข้าวโพด และของเสียจากอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบประเภทนี้ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 4 ชนิด คือ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารประกอบอื่น ๆ

กระบวนการที่ 2 การจัดเก็บวัตถุดิบ (Storage)

การจัดเก็บวัตถุดิบประเภทน้ำตาล

น้ำตาลเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอ้อยเช่นเดียวกับน้ำตาลทรายดิบ และผ่านกระบวนการควบคุมอย่างพิถีพิถัน เพื่อทำให้มีความบริสุทธิ์และความปลอดภัยจากสิ่งปนเปื้อนมากขึ้น ต้องมีคุณลักษณะที่สำคัญดังนี้

1. ค่าความหวาน(Polarization) ไม่น้อยกว่า 99 องศาเซลเซียส
2. ค่าสีของน้ำตาลทราย(Color) ระหว่าง 1,000-1,500 ICUMSA
3. ค่าความชื้น(Moisture) ไม่มากกว่า 0.2% - ค่าสิ่งปนเปื้อน(Sediment) ไม่มากกว่า 0.2%

การจัดเก็บและส่งมอบน้ำตาลนิยมควรจัดเก็บในพื้นที่ที่แห้ง อากาศถ่ายเทได้สะดวก หลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีความชื้น และแสงแดด เพราะอาจจะทำให้น้ำตาลเสื่อมคุณภาพ

การจัดเก็บวัตถุดิบประเภทแป้ง

วัตถุดิบประเภทแป้ง และส่วนประกอบที่เป็นผง โดยทั่วไปจะมีรูปแบบบรรจุถุงและวางบนพาเลท อุณหภูมิของการเก็บประเภทนี้ควรจะอยู่ที่ 15 ถึง 25 องศาเซลเซียส ประเทศไทยมีภูมิอากาศแบบบร้อนชื้นที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาการควบแน่นของไอน้ำได้ไม่ว่าที่ผิว ด้านนอกหรือด้านใน (ระเหยออก หรือควบแน่นที่ผิวด้านในของถุงบรรจุ) ปัญหาการควบแน่นนี้อาจเกิดขึ้นจาก การที่อุณหภูมิมีความแตกต่างกันในช่วงวัน ซึ่งในบางสภาวะความชื้นสามารถควบแน่นผิวด้านในของถุง จะก่อให้เกิดสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะรา

ในพื้นที่ที่เก็บวัตถุดิบแห้งนี้ บางครั้งจะมีวัสดุอื่นๆเช่น กระป๋อง บรรจุภัณฑ์ และสารเคมี สำหรับสารเคมีไม่ว่ามีรูปแบบบรรจุเป็นถุง แกลลอน หรือถังขนาดใหญ่ทีต้องใช้โฟคลิฟขน จะต้องไม่มีการเก็บสารเคมีทุกรูปแบบปะปนกับอาหารและบรรจุภัณฑ์ในทุกกรณี

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

กระบวนการที่ 3 การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำเชื่อมกระเจี๊ยบ (Vinegar Fermentation)

การผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

น้ำส้มสายชู (vinegar) เกิดจากกระบวนการหมัก โดยน้ำตาลในอาหารถูกทำให้แตกตัวโดยแบคทีเรียและยีสต์ ในขั้นแรกน้ำตาลจะถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ แล้วหมักแอลกอฮอล์ต่อไปกลายเป็นน้ำส้มสายชู คาว่า “vinegar” มาจากภาษาผรั่งเศส แปลว่า “ไวน์เปรี้ยว” โดยน้ำส้มสายชูหมักสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบทางการเกษตร เช่น ผลไม้ต่าง ๆ ผัก และเมล็ดธัญพืช น้ำส้มสายชูหมัก (fermented vinegar) หมายถึงน้ำส้มสายชูที่ได้จากการนำวัตถุดิบที่เหมาะสม ซึ่งได้แก่ ธัญพืช ผลไม้ น้ำตาล หรือกากน้ำตาล มาหมักกับส่าเหล้า แล้วนำมาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีการผลิต

กลไกการผลิตกรดน้ำส้มเพื่อให้ได้น้ำส้มสายชู

(มาลัยและฉกามาศ, 2552) กลไกการผลิตน้ำส้มสายชูจากวัตถุดิบประเภทน้ำตาล มี 2 ขั้นตอน คือ

1. การหมักน้ำตาลให้เป็นเอทานอล ซึ่งเป็นกระบวนการหมักแบบไม่ใช้อากาศ และอาศัยเชื้อยีสต์ในสกุล *Saccharomyces cerevisiae* ดังสมการที่แสดงอย่างง่าย ๆ คือ

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CO_2 + 2C_2H_5OH$$

2. การเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก โดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม acetic acid bacteria ทำการหมักในสภาพที่มีอากาศ สำหรับปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้น ดังนี้

ขั้นตอนแรกเป็นการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นอะเซตัลดีไฮด์ (Acetaldehyde) โดยอาศัยเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรเจนเนส เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนี้

$$2C_2H_5OH + O_2 \longrightarrow 2CH_3CHO + 2H_2O$$

แอลกอฮอล์ อะเซตัลดีไฮด์

ขั้นตอนที่สองเป็นการเปลี่ยนอะเซตัลดีไฮด์ให้ไปเป็นไฮเดรตอะเซตัลดีไฮด์ (Hydrate acetaldehyde) โดยอาศัยเอนไซม์อะเซตัลดีไฮด์ ดีไฮโดรเจนเนส (Acetaldehyde dehydrogenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนี้

$$CH_3CHO + H_2O \longrightarrow CH_3\text{-}\underset{OH}{CH}\text{-}OH$$

อะเซตัลดีไฮด์ ไฮเดรต อะเซตัลดีไฮด์

ขั้นตอนที่สามเป็น ขั้นตอนการสร้างกรดอะซิติกโดยที่เกิดปฏิกิริยาการส่งโปรตอน 2 ตัว ของไฮเดรตอะเซทัลดีไฮด์ ไปยังอะตอมของออกซิเจนเกิดกรดอะซิติกออกมา ทั้งนี้โดยอาศัยเอนไซม์ อัลดีไฮด์ดีไฮโดรเจนเนส (Acetaldehyde dehydrogenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนี้

เป็นขั้นตอนการสร้างกรดอะซิติก โดยที่เกิดการส่งโปรตอน 2 ตัว ของ hydrate acetaldehyde

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ไปยังอะตอมของออกซิเจนจนเกิดกรดอะซิติกออกมา ทั้งนี้โดยอาศัยเอนไซม์ aldehyde dehydrogenase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนี้

$$CH_3\text{-}CH\text{-}OH + O \xrightarrow{OH} CH_3COOH + H_2O$$

ไฮเดรต อะเซตัลดีไฮด์ กรดอะซิติก

สรุปปฏิกิริยาการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกได้ดังนี้

$$C_2H_5OH + O_2 \longrightarrow CH_3COOH + H_2O$$

การเปลี่ยนแปลงในขั้นนี้ต้องการออกซิเจนมาก เพื่อที่จะไปออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ไปเป็นกรดน้ำส้ม จึงควรหมักในภาชนะปากกว้าง เพื่อให้มีเนื้อที่สัมผัสอากาศได้มากหรือมีการกวนบ่อยๆให้อากาศผ่านเข้าในถังหมัก รวมทั้งกรรรมวิธีอื่นๆ อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักนั้นขึ้นอยู่กับเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ และกรรมวิธีการผลิตโดยทั่วไป ประมาณ 26-29 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีการผลิตน้ำส้มสายชู

แบ่งออกได้เป็น 3 วิธีคือ

1. วิธีการหมักน้ำส้มสายชูอย่างช้า

เป็นวิธีหมักตามธรรมชาติโดยที่น้ำผลไม้ที่มีความเข้มข้นของ น้ำตาลอยู่พอสมควรจะถูกปล่อยให้หมักโดยเชื้อยีสต์ที่ปะปนมากับผลไม้หรือเชื้อยีสต์บริสุทธิ์เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ จากนั้นเชื้อน้ำส้มสายชูที่มีอยู่ตามธรรมชาติจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นกรดน้ำส้มอีกทีหนึ่ง วิธีนี้จะต้องใช้เวลาประมาณ 2-3 เดือน ประสิทธิภาพของเชื้อและคุณภาพของน้ำส้มสายชูที่ได้ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับเชื้อธรรมชาติที่ได้ วิธีสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นและเร็วขึ้นได้โดยการเติมหัวเชื้อน้ำส้มที่ได้จากการหมักรุ่นก่อน ๆ ลงไปประมาณ 33 % ของปริมาตรทั้งหมดที่จะหมัก

2. วิธีการหมักน้ำส้มสายชูอย่างเร็ว

วิธีนี้ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาค่อนข้างแพงโดยออกแบบให้ ควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมสาหรับแบคทีเรียในการที่จะออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ให้เป็นกรดน้ำส้ม เครื่องมือที่ใช้อาจออกแบบแตกต่างกันได้หลายแบบ เช่น อาจจะมีการกวนพร้อมกับการให้อากาศ หรือปล่อยให้ส่วนผสมของสารละลายแอลกอฮอล์กับเชื้อน้ำส้มไหลผ่าน Supporting medium เช่นพวกเศษไม้ชิ้นเล็ก ๆ ขี้เลื่อย หรือซังข้าวโพด ไหลผ่านช้าๆ หมุนเวียนหลายๆครั้ง จนได้น้ำส้มสายชูที่มีเปอร์เซ็นต์กรดเข้มข้นตามที่ต้องการ ในการนี้ต้องให้อากาศผ่านไปทางก้นถังด้วยและจาเป็นต้องรักษาอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 15-34 องศาเซลเซียส ข้อดีของวิธีนี้ คือ ความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5 – 0.7% ต่อ 24 ชั่วโมง

3. การหมักโดยใช้เครื่องที่เรียกว่า *Acetator*

การหมักน้ำส้มสายชูโดยวิธี เป็นการจัดระบบการ หมักในถังหมักทรงสูง มีลักษะเป็นถังปิด วิธีนี้จะมีการให้อากาศอย่างเพียงพอเข้าสู่น้ำหมักในสภาพที่เป็นฟองละเอียด ทาให้แบคทีเรียกระจายอยู่ในน้ำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

หมักโดยทั่วถึง และสามารถใช้สารอาหารกับแอลกอฮอล์ และออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำหมัก เพื่อการเจริญเติบโตและการผลิตกรดอะซิติกที่เพิ่มขึ้น 3-4% ต่อ 24 ชั่วโมง เชื้อน้ำส้มสายชู (*Acetobacter* spp.) บางชนิดไม่เพียงแต่ใช้แอลกอฮอล์เท่านั้น ยังมีความสามารถใช้กรดน้ำส้มที่ผลิตขึ้นได้ด้วย ฉะนั้นเมื่อมีการหมักจนมีปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำผลไม้หมดไปแล้วก็จะกรดน้ำส้มเป็นอาหารต่อไป ของที่เหลือจากการใช้กรดน้ำส้มคือคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และ (H_2O)

$$CH_3\ COOH + 2O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2\ H_2O$$

แบคที่เรียที่ใช้ในการเปลี่ยนเอทานอลให้กลายเป็นกรดน้ำส้ม

แบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตกรดน้ำส้ม (Acitic acid bacteria) เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูผ่านมามากกว่าร้อยปี เป็นแบคทีเรียที่ต้องการอากาศในการเจริญ และออกซิไดซ์เอทานอลให้กลายเป็นกรดอะซิติก ปัจจุบันได้มีการแบ่ง Acitic acid bacteria ออกเป็น 6 กลุ่ม คือ *Acetobacter, Gluconobacter, Gluconoactobacter, Asaia, Kozakia* และ *Acidomonas* ความสามารถในการออกซิไดซ์ เอทานอลให้กลายเป็นกรดอะซิติก โดยอาศัยเอนไซม์บริเวณรอบนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ (Membrane-bround dehydrogrnase) ซึ่งประกอบด้วย เอนไซม์ alcohol Dehydrogenase และ Acitaldehy dehydrogenase โดยที่เอนไซม์ Alcohol dehydrogenase จะมีหมู่ Pyrroloquinoline quinine เป็นกลุ่ม prostatic group ทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ของ Acitaldehy dehydrogenase (Moonmangmee *et al*., 2005)

สรุปกระบวนการและขั้นตอนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

1. เตรียมผลไม้ที่ต้องการนำมาหมัก
2. ล้างตัดส่วนที่ไม่ต้องการออก
3. ล้างตัดส่วนที่ไม่ต้องการออก
4. สับ หั่นส่วนที่ไม่ต้องการออก
5. ต้มหรือเติมสารเคมีเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์
6. เติมเชื้อยีสต์เพื่อหมักเป็นไวน์
7. ทำการหมัก
8. นำไวน์มาต้มหรือเติมสารเคมีเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์
9. เติมแบคทีเรีย
10. ทำการหมัก
11. เก็บนำส้มสายชู
12. ฆ่าเชื้อแล้วบรรจุขวด

กระบวนการที่ 4 การผสมน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำเชื่อมกระเจี๊ยบกับน้ำกระเจี๊ยบ (Mixing)
ขั้นตอนในการผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำเชื่อมกระเจี๊ยบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

การผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำเชื่อมกระเจี๊ยบ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก โดยมีรายละเอียดกระบวนการผลิต เวลา และต้นทุนการผลิต ดังต่อไปนี้

1. กระบวนการและขั้นตอนการผลิตไวน์จากน้ำเชื่อมกระเจี๊ยบ
2. กระบวนการและขั้นตอนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำเชื่อมกระเจี๊ยบ
3. การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำเชื่อมกระเจี๊ยบ

กระบวนการที่ 5 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ (Inspection)

การตรวจสอบคุณภาพของน้ำส้มสายชู

โดยทำการตรวจวิเคราะห์ดังนี้

1. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะซิติกด้วยวิธี AOAC.

โดยการไตเตรตปิเปตน้ำส้มสายชูตัวอย่างมาจำนวน 20 ml. ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 ml. หยด Phenolpthalein Indicator 2-3 หยด แล้วนำไปไตเตรตกับ NaOH 0.5 M จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อนบันทึกปริมาณของ NaOH ที่ใช้ทำการทดลอง 3 ครั้ง คำนวณหาค่าเฉลี่ยของ NaOH ที่ใช้และคำนวณหาร้อยละ ของกรดทั้งหมดในรูปของกรดอะซิติก ดังนี้

- 1 ml. ของ NaOH 0.5 M ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดอะซิติก 0.03 g
- ร้อยละ ของกรดทั้งหมดในรูปของกรดอะซิติก = ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไตเตรต x 0.3

2. การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยหาจุดเดือดใช้เครื่องมือ หาจุดเดือด

3. การหาค่า pH ใช้ pH Meter จุ่มลงในตัวอย่าง

4. การหาปริมาณน้ำตาล หาโดยใช้เครื่อง Refractometer (0-30 °Brix) นำตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบมาแตะลงบนส่วนที่เป็นกระจกของเครื่อง ปิดฝา แล้วอ่านค่า

นำผลการวิเคราะห์ของนำส้มสายชูตัวอย่างที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำส้มสายชูของสำนักงาน อย. ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 น้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น (กระทรวงสาธารณสุข, 2552) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มสายชูหมัก (มผช. 326/2547)

มาตรฐานคุณภาพของนาส้มสายชูหมัก

2.1 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 น้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น (กระทรวงสาธารณสุข, 2552) ต้องมีคุณภาพมาตรฐาน ดังนี้

1. มีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส
2. มีสารปนเปื้อนได้ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
   - สารหนูไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
   - ตะกั่ว ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

- ทองแดงและสังกะสีไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
- เหล็ก ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

3. ไม่มีกรดน้ำส้มที่มิได้มาจากการผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น

4. ไม่มีกรดกามะถัน (Sulfuric acid) หรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น

5. ใส ไม่มีตะกอน เว้นแต่น้ำส้มสายชูหมักตามธรรมชาติ

6. ไม่มีหนอนน้ำส้ม (vinegar eel)

7. ใช้น้ำสะอาดเป็นส่วนผสม

8. ใช้วัตถุเจือปนอาหารได้ดังนี้

- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
- กรดแอล-แอสคอร์บิก ไม่เกิน 400 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

9. มีแอลกอฮอล์ตกค้าง ไม่เกินร้อยละ 0.5 10.0 การแต่งสีให้ใช้น้ำตาลเคี่ยวไหม้หรือสีคาราเมล

2.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มสายชูหมัก (มผช. 326/2547) นี้ครอบคลุมเฉพาะน้ำส้มสายชูหมักที่บรรจุในภาชนะบรรจุ โดยให้คำนิยามถึงความหมายไว้ว่า น้ำส้มสายชูหมัก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนาวัตถุดิบที่เหมาะสม เช่น ธัญพืช ผลไม้ น้ำตาล กากน้ำตาล มาหมักกับส่าเหล้า แล้วนำมาหมักกับเชื้อน้ำส้มตามกรรมวิธีธรรมชาติ โดยต้องมีคุณลักษณะดังนี้

1. ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นของเหลวใสอาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้

2. สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของน้ำส้มสายชูหมัก

3. กลิ่น ต้องมีกลิ่นของกรดอะซิติกอาจมีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้หมักอยู่ด้วยก็ได้

4. สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น หนอนน้ำส้ม เส้นผม ขนสัตว์ ดินทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

5. สารปนเปื้อน

- สารหนู ต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- ตะกั่ว ต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- ทองแดง ต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- สังกะสี ต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- เหล็ก ต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

6. วัตถุเจือปนอาหาร ห้ามใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด หากมีการแต่งสี ให้ใช้น้ำตาลเคี่ยวไหม้เท่านั้น หากมีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ให้ใช้ได้ไม่เกิน 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

7. ปริมาณกรดอะซิติก กรดอะซิติกต้องไม่น้อยกว่า 5 กรัม ต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

8. กรดกำมะถันหรือกรดแร่อิสระ ต้องไม่พบ

9. เมทานอล ต้องไม่เกิน 420 มิลลิกรัมต่อลิตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

กระบวนการที่ 6 การบรรจุขวด (Packing)

การบรรจุ

ให้บรรจุน้ำส้มสายชูหมักในภาชนะบรรจุที่สะอาด ทำด้วยแก้ว พลาสติกทนกรด หรือเครื่องเคลือบดินเผาปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้ วัสดุที่ใช้บุหรือใช้รองด้านในของฝาปิดหรือฝาชั้นในต้องไม่มีสี ปริมาตรสุทธิของน้ำส้มสายชูหมักในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

เครื่องหมายและฉลาก

ที่ภาชนะบรรจุน้ำส้มสายชูหมักทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียด ต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่ายและชัดเจน - ชื่อผลิตภัณฑ์ - ปริมาณของกรดอะซิติก - ปริมาตรสุทธิ - วัน เดือน ปี ที่ผลิต และ วัน เดือน ปี ที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน...” - ชื่อผู้ผลิต

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นเรศ นิภากรพันธ (2555) ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตหอยนางรม: กรณีศึกษาเกษตรในอำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทน
ของการผลิตหอยนางรม และปัจจัยที่ส่งผลกระทบถึงต้นทุนการผลิต รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตหอยนางรมของเกษตรกร กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา คือเกษตรผู้เลี้ยงหอยนางรมในพื้นที่อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 52 ราย โดยเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย และร้อยละ ในการคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนจะใช้รายได้จากการขายและต้นทุนในการผลิต

ผลการศึกษาพบว่าการผลิตหอยนางรมของเกษตรกรจะมีต้นทุนเฉลี่ย 1,704.71 บาท/ไร่ และรายได้เฉลี่ย 1,716.18 บาท/ไร่ โดยอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1.01 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารายได้ที่เกษตรกรผู้ผลิตหอยนางรมได้รับนั้นมากกว่าต้นทุนการผลิตหอยนางรม ดังนั้นการผลิตหอยนางรมของเกษตรกรจึงเหมาะสมต่อการลงทุน โดยปัจจัย ที่จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและต้นทุนการผลิตหอยนางรมของเกษตรกร ได้แก่ปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งประกอบด้วยปริมาณน้ำฝนที่มีจำนวนมากทำให้น้ำทะเลมีความเค็มลดลงส่งผลให้หอยนางรมตายคิดเป็น ร้อยละ 37.96 ของต้นทุนการผลิต การปล่อยน้ำเสียจากบ่อกุ้งและโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่ทะเล คิดเป็นร้อยละ 52.06 ของต้นทุนการผลิต และการลักขโมยหอยนางรมคิดเป็นร้อยละ 9.98 ของต้นทุนการผลิต แนวทางแก้ไขพบว่าในด้านของปัญหาการลักขโมยหอยนางรมนั้นเกษตรกร
จะต้องทำการเฝ้าระวังเอง ส่วนในด้านของน้ำเสียและฝนตกนั้นยังไม่มีแนวทางแก้ไข แต่จะได้รับความช่วยเหลือจากรัฐบาลในกรณีที่เกิดภัยธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ดวงสมร ฟักสังข์ (2555) ศึกษาเรื่อง “การบริหารต้นทุนของกลุ่มผู้ผลิตน้ำตาลมะพร้าวในจังหวัดสมุทรสงคราม” พบว่ากลุ่มผู้ผลิตน้ำตาลมะพร้าวให้ความสำคัญกับต้นทุนด้านการผลิตมากที่สุด รองลงมาคือต้นทุนด้านการตลาด ต้นทุนด้านการเงิน และต้นทุนด้านการจัดการ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในรายละเอียดแต่ละด้านพบว่า (1) ต้นทุนด้านการผลิต ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ค่าวัสดุ (พะอง, ฟืน, พะยอม, ปี๊บ ฯลฯ) ส่วนประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ต้นทุนสินค้าที่เสีย (2) ต้นทุนด้านการตลาด ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ค่าขนส่ง ส่วนประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ส่วนลดการค้า (3) ต้นทุนด้านการเงิน ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ การให้เครดิตกับลูกค้า ส่วนประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ค่าธรรมเนียมและต้นทุนเก็บรักษาสินค้า และ (4) ต้นทุนด้านการจัดการ ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์สำนักงาน ส่วนประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ค่าสวัสดิการสมาชิก สำหรับแนวทางการบริหารต้นทุนที่กลุ่มผู้ผลิตน้ำตาลมะพร้าวส่วนใหญ่ปฏิบัติ พบว่า (1) ต้นทุนด้านการผลิต จะใช้แนวทางการพัฒนาสายพันธุ์มะพร้าวต้นเตี้ย การผลิตแบบผสมผสานด้วยการปลูกพืชมากกว่า 1 ชนิด และการวางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันแทนเชิงแก้ไข ตามลำดับ (2) ต้นทุนด้านการตลาด จะใช้แนวทางการลดการโฆษณาประชาสัมพันธ์ การลดจำนวนพนักงานขายตรง และการขยายเครือข่ายร้านค้าในชุมชน ตามลำดับ (3) ต้นทุนด้านการเงิน จะใช้แนวทางการผลิตสินค้าให้เพียงพอกับความต้องการของลูกค้าเพื่อลดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้า การทำบัญชีรายรับและรายจ่าย และการชำระหนี้เจ้าหนี้ตรงตามกำหนดเวลา ตามล้าดับ และ (4) ต้นทุนด้านการจัดการ จะใช้แนวทางการคิดค้นหาวิธีในการนำเศษซากวัตถุดิบมาใช้ให้เกิดประโยชน์ การฝึกอบรมสมาชิกให้มีความรู้ความชำนาญในการผลิต และการใช้ประโยชน์จากบุคลากรในพื้นที่ที่มีความชำนาญ ตามลำดับ

พงษ์ชัย อธิคมรัตนกุล และ ปฏล รัตนชุม (2560) ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ต้นทุนรายกิจกรรมสำหรับงานขนส่งสินค้าทางถนน กรณีศึกษา : บริษัทขนส่งปูนซีเมนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก โดยจะทำการวิเคราะห์ต้นทุนรายกิจกรรมและวิเคราะห์คุณค่าของกิจกรรมในกระบวนการขนส่ง โดยผู้วิจัยได้เลือกเอาบริษัทขนส่งปูนซีเมนต์มาดำเนินการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากปูนซีเมนต์เป็นสินค้าที่มีความสำคัญ มีปริมาณการผลิตสูง มีปริมาณการขนส่งทางถนนและมีระยะทางในการขนส่งสูงเป็นลำดับต้นๆ ของประเทศไทย จากการศึกษาพบว่าต้นทุนกิจกรรมขนส่งสินค้ามีสัดส่วนที่สูงถึง 82.76% ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมการขนส่งด้วยรถบรรทุกประกอบไปด้วยต้นทุนหลักที่เกี่ยวข้องกับยานพาหนะในส่วนของต้นทุนผันแปรเป็นส่วนใหญ่ ในส่วนต้นทุนการให้บริการลูกค้าใน 1 รอบการขนส่ง จากการคำนวณจะพบว่ารถพ่วงที่ใช้น้ำมันมีต้นทุนอยู่ที่ 26,634.82 บาท/รอบการขนส่ง ขณะที่รถพ่วงที่ใช้ NGV มีต้นทุนอยู่ที่ 21,183.82 บาท/รอบการขนส่ง ในส่วนการวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรมพบว่าในกระบวนการขนส่งมีกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าในอัตราสูง จากการวิเคราะห์และปรับปรุงกิจกรรมเพื่อปรับลดต้นทุนทำให้บริษัทขนส่งสามารถลดต้นทุนลงได้รวม 2,095,899 บาท เวลารวมในการให้บริการต่อ 1 รอบการขนส่งลดลง 50.22% โดยลดลงจาก 10,275 นาที เหลือ 5,115 นาที นอกจากนี้ ภายหลังจากการปรับปรุงทำให้สัดส่วนคุณค่าของกิจกรรมที่ไม่เพิ่มค่าลดลงจาก 56.06% เหลือ 14.08% ขณะที่สัดส่วนคุณค่าของกิจกรรมที่เพิ่มค่าเพิ่มขึ้นจาก 7.01% เป็น 11.73%