บทสรุปผู้บริหาร

(Executive Summery)

1. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

1.1 ชื่อเรื่อง

(ภาษาไทย) การผลิตน้ำส้มสายชูจากวัสดุเหลือทิ้งจากกล้วย

(Production of vinegar form banana waste product)

1.2 ชื่อคณะผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ จิราภรณ์ สอดจิตร์ ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ฯ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

หมายเลขโทรศัพท์ 055-9692742 โทรสาร 055-962703

ดร. กนกกานต์ วีระกุล โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

หมายเลขเบอร์โทรศัพท์ 02-4239435-6 โทรสาร 02-2445000 ต่อ 6408

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบธรรมชาติ จากเศษกล้วยน้ำว้า

2.2 เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตลูกแป้งในการผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วยน้ำว้า

2.3 ประเมินคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลิตภัณฑ์

2.4 เปรียบเทียบคุณภาพของน้ำส้มสายชูที่ผลิตได้ กับน้ำส้มสายชูหมักทางการค้า

2.5 ถ่ายทอดเทคโนโลยีองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

3. ขอบเขต

3.1 ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตไวน์จากน้ำเศษกล้วย โดยศึกษาอัตราส่วนของเนื้อกล้วยต่อน้ำ 4 อัตราส่วน และปริมาณกล้าเชื้อยีสต์ 3 ระดับ

3.2 ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติกจากกล้วย โดยศึกษาปริมาณของกล้าเชื้อแบคทีเรีย 3 ระดับ น้ำส้มสายชู 3 ระดับ

3.3 ศึกษาการผลิตและการเก็บรักษาหัวเชื้อที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู โดยศึกษาการผลิตลูกแป้งยีสต์ และลูกแป้งแบคทีเรียมาใช้ในกระบวนการผลิต

3.4 การประเมินคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชู ลูกแป้งยีสต์และลูกแป้งแบคทีเรีย

3.5 เปรียบเทียบคุณภาพของน้ำส้มสายชูที่ผลิตได้กับน้ำส้มสายชูหมักทางการค้า

3.6 ถ่ายทอดเทคโนโลยีองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

4. ผลการวิจัย

4.1 กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตไวน์จากน้ำเศษกล้วย พบว่าปริมาณเชื้อมีผลต่อการผลิตแอลกอฮอล์ ปริมาณเชื้อสูงในกระบวนการหมักจะให้เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงด้วย การเปลี่ยนแปลง pH ของไวน์ในระหว่างการหมัก พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาและปริมาณน้ำในการหมัก pH มีแนวโน้มลดลง ที่อัตราส่วนของกล้วยต่อน้ำน้อย ยีสต์ใช้น้ำตาลได้ดีกว่าอัตราส่วนกล้วยต่อน้ำมาก อัตราส่วนเนื้อกล้วยต่อน้ำ 1: 2 และปริมาณกล้าเชื้อ 15% ในการหมักไวน์กล้วยให้ปริมาณแอลกอฮอล์สุดสูง

4.2 กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติก พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์และค่าความหวานลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับปริมาณกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเพิ่มขึ้น และปริมาณกล้าเชื้อ *A. aceti* ที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติกคือ 10%

4.3 การผลิตลูกแป้งยีสต์ พบว่าสูตรลูกแป้งยีสต์ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 500 กรัม กระเทียม 8 กรัม ขิง 8 กรัม ข่า 4 กรัม ชะเอม 8 กรัม พริกไทย 1.2 กรัม ดีปลี 1.2 กรัม และเซลล์

แขวนลอยของเชื้อ *S. cerevisiae* 600 มิลลิลิตร ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 8 log cfu/ml มีกรรมวิธีการผลิต คือ นวดส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน บ่มอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปั้นลูกแป้งเป็นลูกกลม ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อนำลูกแป้งที่ได้มาทำการหมัก พบว่าการใช้ลูกแป้งยีสต์ 0.5% เหมาะสมในการหมัก

4.4 การผลิตลูกแป้งแบคทีเรีย พบว่าสูตรลูกแป้งแบคทีเรียประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 500 กรัม พริกไทยขาว 15 กรัม ดอกจันทร์ 15 กรัม ลูกจันทร์ 5 กรัม และกล้าเชื้อ A. aceti ในน้ำมะพร้าว 600 มิลลิลิตรที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 6 log cfu/ml และกรดโพรพิโอนิก 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีกรรมวิธีการผลิต คือ นวดส่วนผสมเข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นวดอีกครั้งและบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง ปั้นลูกแป้งเป็นลูกกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร อบลูกแป้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อนำลูกแป้งแบคทีเรียมาใช้ในการหมัก พบว่าการเติมลูกแป้งแบคทีเรีย 5% เหมาะสมในการหมัก

5.5 อายุในการเก็บรักษาของลูกแป้ง พบว่าปริมาณเชื้อในลูกแป้งยีสต์เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 4.20×10^6 เซลล์ต่อกรัม ส่วนลูกแป้งแบคทีเรีย เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 2 สัปดาห์ 2.10×10^6 เซลล์ต่อกรัม

6.6 ต้นทุนการผลิตลูกแป้งยีสต์ 1 กิโลกรัม เท่ากับ 49.29 และลูกแป้งแบคทีเรีย 1 กิโลกรัม เท่ากับ 102.02 บาท

เนื้อหางานวิจัย

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากยุทธศาสตร์การวิจัยเชิงพื้นที่ (Area-base Research) ทิศทางการพัฒนาจังหวัดพิษณุโลกอันดับหนึ่งของความต้องการด้านอุตสาหกรรมคือ อุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางด้านการเกษตร ซึ่งการแปรรูปผลผลิตทางด้านการเกษตรนั้นมีการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิดหนึ่งในการผลผลิตทางด้านการเกษตรนั้นคือผลิตภัณฑ์จากกล้วยซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเสียงมากของประเทศ เช่น กล้วยตาก กล้วยกวน กล้วยอบ และกล้วยม้วน การผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าวก่อให้เกิดเศษกล้วยเหลือทิ้ง ที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ส่งกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงวัน และแพร่กระจายของเชื้อโรคเมื่อฝนตกและน้ำท่วม

จากการสำรวจวัสดุเหลือทิ้งจากการทำผลิตภัณฑ์กล้วยดังกล่าวในอำเภอบางกระทุ่มและอำเภอบางระกำ พบว่ากลุ่มแม่บ้าน OTOP ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากกล้วยจะนำไปทิ้ง หรือนำไปเป็นอาหารเลี้ยงปลาและจากข้อมูลของสำนักงานพัฒนาที่ดินจังหวัดพิษณุโลก พบว่าอำเภอบางกระทุ่มและอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลกมีพื้นที่ในการปลูกกล้วยน้ำว้ามากกว่า 400,000 ไร่ มีผลิตผล 7,000 ตันต่อไร่ มีวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์จากกล้วย เช่น กล้วยตาก กล้วยกวน กล้วยฉาบ กล้วยอบกรอบ กล้วยม้วน และผลิตภัณฑ์กล้วยอื่นๆ ประมาณ 60-70 ตันต่อวัน ซึ่งจากกระบวนการแปรรูปกล้วยดังกล่าวก่อให้เกิดเศษกล้วย เหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก (2% ของวัตถุดิบ ประมาณ 1,200-1,400 กิโลกรัมต่อวัน) ทำให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อมดังกล่าวมาแล้วในเบื้องต้น

เศษกล้วยสามารถนำมาผลิตเป็นอาหารที่มีมูลค่าเพิ่มได้มากกว่าใช้เป็นอาหารสัตว์ ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงได้นำเศษกล้วยที่เป็นปัญหาดังกล่าว มาผลิตเป็นน้ำส้มสายชูหมักโดยวิธีธรรมชาติ ถึงแม้ว่าได้มีผู้ผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วยมาบ้างแล้วก็ตาม แต่ไม่ได้นำมาถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มพื้นที่เป้าหมายที่เป็นปัญหาในจังหวัดพิษณุโลก ในฐานะที่เป็นนักวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์การอาหารของมหาวิทยาลัยนเรศวร จึงได้นำองค์ความรู้ที่มีอยู่มาช่วยแก้ปัญหาให้กับชุมชนในจังหวัดพิษณุโลก ทั้งนี้เพื่อนำเศษกล้วยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการ

ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากธรรมชาติ ทำให้เศษกล้วยที่เป็นปัญหาลดลง และเพิ่มมูลค่าของวัสดุเศษกล้วยเหลือทิ้ง

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบธรรมชาติจากเศษกล้วยน้ำว้า

2.2 เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตลูกแป้งที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วยน้ำว้า

2.3 ประเมินคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลิตภัณฑ์

2.4 เปรียบเทียบคุณภาพของน้ำส้มสายชูที่ผลิตได้ กับน้ำส้มสายชูหมักจากธรรมชาติที่ผลิตในทางการค้า

2.5 ถ่ายทอดเทคโนโลยีองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตไวน์จากน้ำเศษกล้วย โดยศึกษาอัตราส่วนของเนื้อกล้วยจากวัตถุดิบจากเศษกล้วยต่อน้ำ 4 อัตราส่วน และปริมาณกล้าเชื้อยีสต์ 3 ระดับ

3.2 ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติกจากน้ำเศษกล้วย โดย ศึกษาปริมาณของกล้าเชื้อแบคทีเรียที่เหมาะสม 3 ระดับ น้ำส้มสายชู 3 ระดับ

3.3 ศึกษาการผลิตและการเก็บรักษาหัวเชื้อที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสาย โดยศึกษาสูตรและเทคโนโลยีการผลิตลูกแป้งยีสต์ และสูตรและเทคโนโลยีการผลิตลูกแป้งแบคทีเรีย

3.4 การประเมินคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชู ลูกแป้งยีสต์ และลูกแป้งแบคทีเรีย

3.5 เปรียบเทียบคุณภาพของน้ำส้มสายชูที่ผลิตได้กับน้ำส้มสายชูหมัก จากธรรมชาติที่ผลิตในทางการค้า

3.6 ถ่ายทอดเทคโนโลยีองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

4. ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

4.1 วัสดุเหลือทิ้งสามารถนำมาผลิตเป็นอาหารที่มีมูลค่าเพิ่มได้

4.2 เศษกล้วยเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตผลิตภัณฑ์จากกล้วย ซึ่งเป็นทรัพยากรต้นทุนของชุมชนที่มีอยู่แล้ว สามารถนำกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชูได้เป็นการลดขยะที่ก่อให้เกิดมลพิษในสิ่งแวดล้อม และเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้ง

4.3 น้ำส้มสายชู (vinegar) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาจากกระบวนการหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการหมักในสภาพอาหารเหลวจากเชื้อแบคทีเรียในสกุล Acetobacter ซึ่งก่อให้เกิดปฏิกิริยาการการเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในไวน์ให้เป็นกรดอะซิติกในสภาพที่มีออกซิเจน

4.4 การลดปัญหาที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการลดปัญหาทางด้านสาธารณสุข

4.5 ถ่ายทอดเทคโนโลยีองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัย สู่กลุ่มเป้าหมายเป็นการให้ความรู้แก่กลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์สูงสุดของโครงการ

5. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

5.1 น้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชู (vinegar) หรือกรดอะซิติก (acetic acid) เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ผลิตมาจากกระบวนการหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการหมักในสภาพอาหารเหลว น้ำส้มสายชูรู้จักกันมาตั้งแต่สมัยโบราณเช่นเดียวกับไวน์ การค้นพบเกิดจากการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในสกุล Acetobacter ซึ่งก่อให้เกิดปฏิกิริยาการการเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในไวน์ให้เป็นกรดอะซิติกในสภาพที่มีออกซิเจนทำให้ไวน์มีรสเปรี้ยว ดังนั้นจึงทำให้เรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่า “น้ำส้มสายชู : vinegar” มาจากภาษาฝรั่งเศสว่า “vinaigre” ซึ่งหมายความว่าไวน์เปรี้ยว (sour wine) นั่นเอง

5.1.1 คุณสมบัติของน้ำส้มสายชู

คุณสมบัติของน้ำส้มสายชูที่เป็นเครื่องปรุงอาหาร จะต้องเป็นของเหลวที่ปราศจากสีและสิ่งเจือปน ในกรณีที่มีสีจะต้องเป็นสีของวัตถุดิบที่ใช้เท่านั้น นอกจากนี้แล้วปริมาณของตัวทำละลาย (solutes) ต่าง ๆ ในน้ำส้มสายชูจะต้องขึ้นอยู่กับสารประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก ส่วนคุณสมบัติของน้ำส้มสายชู เช่น ความหนาแน่น (density) จุดเดือด (boiling point) จุดเยือกแข็ง (freezing point) ความตึงผิว (surface tension) และความหนืด (viscosity) เป็นต้น อาจจะมีมากหรือน้อยเมื่อเปรียบกับคุณสมบัติดังกล่าวของน้ำบริสุทธิ์ขึ้นกับความเข้มข้นของกรดอะซิติก และชนิดของวัตถุดิบที่ใช้เป็นสำคัญ ค่า pH ของน้ำส้มสายชูควรอยู่ระหว่าง 2-3.5

5.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู (raw material use in vinegar production) สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

5.1.2.1 ผลไม้ เช่น องุ่น แอปเปิ้ล ส้ม แพร์ เป็นต้น

5.1.2.2 ผัก และพืชหัวใต้ดิน ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น มันเทศ มันฝรั่ง และ มันสำปะหลัง ทั้งนี้แป้งที่มีอยู่ในผักและพืชหัวใต้ดินจะต้องถูกนำมาผ่านการแปรสภาพ (pretreatment) เพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเสียก่อน

5.1.2.3 ธัญพืชต่าง ๆ เช่น ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรย์ ข้าวมอลท์ ข้าวสาลี ข้าวเหนียว ข้าวเจ้า และข้าวโพด เป็นต้น

5.1.2.4 วัตถุดิบพวกน้ำตาล เช่น กากน้ำตาล น้ำผึ้ง น้ำอ้อย และน้ำเชื่อม เป็นต้น

5.1.2.5 แอลกอฮอล์ เพื่อใช้ในการหมักโดยตรง เช่น แอลกอฮอล์เจือจาง แอลกอฮอล์ที่สูญเสียสภาพธรรมชาติแล้ว (denature ethyl alcohol) รวมถึง น้ำทิ้งจากโรงงานเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น โรงงานเบียร์ ซึ่งมีปริมาณแอลกอฮอล์เหลืออยู่

วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักเพื่อผลิตกรดอะซิติกหรือน้ำส้มสายชูนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำส้มสายชูที่ได้ ดังนั้นในการผลิตจึงจำเป็นต้องเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ เช่น ถ้าใช้ผลไม้เป็นวัตถุดิบ ผลไม้จะต้องสุกและแก่จัด แต่ถ้าไวน์หรือแอลกอฮอล์เป็นวัตถุดิบ ไวน์หรือแอลกอฮอล์นั้นจะต้องสะอาด ใส และปราศจากสิ่งปนเปื้อน เป็นต้น

5.1.3 **กลไกการผลิตน้ำส้มสายชู** (mechanism in vinegar production)

กลไกการผลิตน้ำส้มสายชูจากวัตถุดิบประเภทน้ำตาล มี 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

5.1.3.1 การหมักน้ำตาลให้เป็นเอทานอล ซึ่งเป็นกระบวนการหมักแบบไม่ใช้อากาศและอาศัยเชื้อยีสต์ในสกุล *Saccharomyces cerevisiae* var. ellipsoideus ดังสมการที่แสดงอย่างง่าย ๆ คือ

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

กลูโคส แอลกอฮอล์

อย่างไรก็ตาม ในความจริงแล้ว การหมักเพื่อผลิตแอลกอฮอล์จากน้ำตาลนี้ต้องอาศัยปฏิกิริยาหลายขั้นตอนประกอบกันอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งจะเกิดผลพลอยได้หลายชนิด เช่น

กลีเซอรอล รวมทั้งกรดอะซิติกอีกด้วย แต่มีในปริมาณน้อย

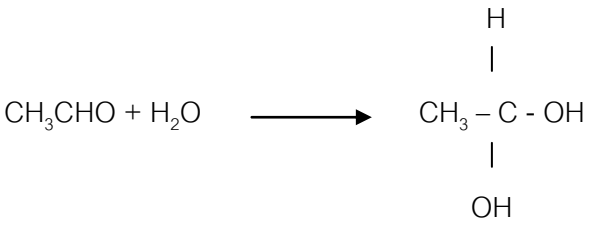
5.1.3.2 การเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก โดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม acetic acid bacteria ทำการหมักในสภาพมีอากาศ สำหรับปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นตอนแรก เป็นการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นอะเซตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) โดยอาศัยเอนไซม์แอลกอฮอล์ ดีไฮโดรจีเนส (alcohol dehydrogenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดังนี้

$$C_2H_5OH + O \longrightarrow CH_3CHO + H_2O$$

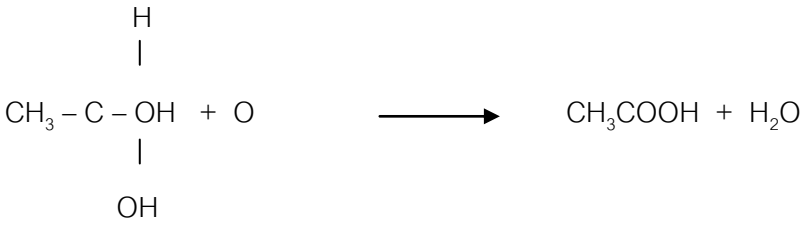
แอลกอฮอล์ อะเซทัลดีไฮด์

(2) ขั้นตอนที่สอง เป็นการเปลี่ยนอะเซตัลดีไฮด์ให้เป็นไฮเดรตอะเซทัลดีไฮด์ (hydrate acetaldehyde) โดยอาศัยเอนไซม์ อะเซตัลดีไฮด์ ดีไฮโดรเจนเนส (acetaldehyde dehydrogenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนี้



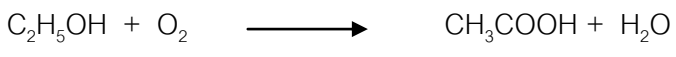
อะเซทัลดีไฮด์ ไฮเดรต อะเซทังดีไฮด์

(3) ขั้นตอนที่สาม เป็นขั้นตอนการสร้างกรดอะซิติก โดยที่เกิดปฏิกิริยาการส่งโปรตอน 2 ตัวของ ไฮเดรต อะเซทัลดีไฮด์ ไปยังอะตอมของออกซิเจนเกิดกรดอะซิติกออกมา ทั้งนี้โดยอาศัยเอนไซม์ อัลดีไฮด์ ดีไฮโดรเจนเนส



ไฮเดรต อะเซทัลดีไฮด์ กรดอะซิติก

อย่างไรก็ตามสามารถที่จะสรุปปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกได้ดังนี้



แอลกอฮอล์ กรดอะซิติก

นอกจากนี้แล้วการสังเคราะห์กรดอะซิติก อาจเกิดขึ้นได้โดยอาศัยปฏิกิริยาการรวมตัวของอะเซทัล- ดีไฮด์ 2 โมเลกุล เราเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Cannizzaro reaction ดังแสดงในสมการ

$$CH_3CHO + CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH + C_2H_5OH$$

อะเซทัลดีไฮด์ อะเซทัลดีไฮด์ กรดอะซิติก แอลกอฮอล์

5.2.3 ปัจจัยสำคัญที่มีผลในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชู (vinegar production)

ในการผลิตน้ำส้มสายชูจำเป็นต้องคำนึงถึง ได้แก่ สารอาหารที่จำเป็น เชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกระบวนการหมักที่เหมาะสม และการเก็บเกี่ยวน้ำส้มสายชู

5.2.3.1 สารอาหารที่จำเป็น (required nutrients)

ในการหมักเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องมีการเติมสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ แต่ทั้งนี้ขึ้นกับส่วนประกอบที่มีอยู่ในวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักเป็นสำคัญ กล่าวคือ ถ้าเป็นวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติอาจจะไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารเพิ่มเติมเลย สำหรับในกรณีการหมักเพื่อผลิตน้ำส้มสายชูนั้น สารอาหารที่จำเป็นต้องเติมจึงขึ้นกับวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก เช่น การหมักน้ำส้มสายชูจากแอปเปิ้ลหรือ cider vinegar จำเป็นจะต้องเติมแหล่งไนโตเจนเพิ่ม โดยอาจเติมในรูปเกลือแอมโมเนียมฟอสเฟต เช่นกัน ในระดับความเข้มข้น 0.4 กรัมต่อน้ำหมัก 1 ลิตร ทั้งนี้เพื่อให้การหมักเกิดขึ้นในระดับที่ น่าพอใจ

ในการหมักน้ำส้มสายชูจากแอลกอฮอล์โดยตรงหรือ distilled vinegar ด้วยเชื้อในสกุล Acetobacter จำเป็นต้องเติมสารอาหารต่าง ๆ ลงในน้ำหมักดังนี้ น้ำตาลกลูโคส 0.5-1.0 กรัมต่อน้ำหมัก 1 ลิตร เกลือของโพแทสเซียม แมกนีเซียม และแอมโมเนียม รูปของเกลือฟอสเฟสซัลเฟต และคลอไรด์ ให้มีความเข้มข้นรวมเท่ากับ 0.3 กรัมต่อน้ำหนัก 1 ลิตร นอกจากนี้ยังต้องเติมแร่ธาตุ (trace elements) เช่น เหล็ก แมงกานีส โคบอลต์ ทองแดง โมลิบดีนัม และวาเนเดียม (vanadium) ลงไปในปริมาณเล็กน้อย รวมทั้งต้องเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (0.1 กรัมต่อน้ำหมัก 1 ลิตร) และโซเดียมคลอไรด์ (0.1 กรัมต่อน้ำหมัก 1 ลิตร) ลงไปในน้ำที่ใช้อีกด้วย

ในการเติมสารอาหารต่าง ๆ อย่างเพียงพอ จะทำให้การหมักเพื่อผลิตกรดอะซิติก (acetous fermentation) เกิดขึ้นอย่างน่าพอใจ อย่างไรก็ตามในการผลิตระดับอุตสาหกรรม

มักจะต้องเติมอาหารเสริม เช่น มอลท์สกัด (malt extract) หรือยีสต์แห้ง (dried yeast) ความเข้มข้นไม่เกิน 0.2 กรัมต่อน้ำหมัก 1 ลิตร ทั้งนี้เพื่อก่อให้เกิดการหมักอีกอย่างรวดเร็ว ในกรณีที่การหมักถูกทำให้หยุดหรือชะงัก เนื่องจากขาดความขัดข้องของแหล่งพลังงาน (powder supply) ที่ใช้ในการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของถังหมัก

นอกจากสารอาหารต่าง ๆ ที่ใช้เติมลงไปในน้ำหมักแล้ว สิ่งที่จำเป็นต้องคำนึงถึงอีกก็คือน้ำที่ใช้ในการเตรียมน้ำหมัก (mashes) นั้น จะต้องเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากสิ่งปนเปื้อน ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีอนุภาคของสารที่กระจายอยู่หรืออาจตกลงมาในน้ำหมักได้ นอกจากนี้แล้วน้ำที่ใช้นี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องแยกเอาเกลือแร่ต่าง ๆ ออกมาก่อน (demineralized) แล้วจึงเติมเกลือแร่ที่ต้องการลงไปภายหลัง อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งน้ำที่ใช้อาจเป็นน้ำประปาที่ใช้ตามบ้านเรือนก็จำเป็นจะต้องนำไปผ่านการกำจัดคลอรีนออกไปเสียก่อน มิฉะนั้นอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตกรดอะซิติกได้

5.2.3.2 เชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง (acetic acid-producing microorganism)

ในการผลิตน้ำส้มสายชู ถ้าใช้วัตถุดิบประเภทต่าง ๆ ที่ไม่ใช้แอลกอฮอล์จะต้องมีการนำวัตถุดิบนั้นมาหมักให้ได้แอลกอฮอล์ก่อนด้วยเชื้อยีสต์ จากนั้นจึงนำเอาแอลกอฮอล์ที่ได้มาใช้ในการหมักเพื่อผลิตกรดอะซิติกอีกต่อหนึ่ง โดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติกได้ ดังนั้นเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตกรดอะซิติก แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

(1) ยีสต์

ยีสต์ที่ใช้ในการหมักเพื่อผลิตกรดอะซิติก หรือน้ำส้มสายชูเป็นชนิดเดียวกับที่ใช้ในการหมักเพื่อผลิตแอลกอฮอล์ ทั้งนี้เพราะเราต้องการที่จะได้แอลกอฮอล์เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักด้วยแบคทีเรียต่อหนึ่ง อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีการคัดเลือกยีสต์สำหรับผลิตแอลกอฮอล์เพื่อนำไปผลิตกรดอะซิติกโดยตรง เช่น ในกรณีของการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์หรือ wine vinegar ยีสต์ที่ใช้ คือ *Saccharomyces ellipsoideus* ซึ่งเป็นเชื้อที่คัดเลือกขึ้นมาให้หมักไวน์ และได้น้ำส้มสายชูที่มีกลิ่นและรสดี เมื่อนำไวน์นั้นมาหมักที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้แล้วยังมียีสต์ที่สามารถใช้หมักแอลกอฮอล์เพื่อเป็นวัตถุดิบในการหมักน้ำส้มสายชูอีกหลายสายพันธุ์ โดยอยู่ในสกุล Saccharomyces เช่นเดียวกัน ได้แก่

S. cerevisiae, S. diastaticus และ *S. carlsbergensis* เป็นต้น

(2) แบคทีเรียในกลุ่มที่ผลิตกรดอะซิติก

แบคทีเรียที่มีบทบาทในการผลิตกรดอะซิติก หรือน้ำส้มสายชูอยู่ในสกุล Acetobacter โดยแต่เดิมค้นพบเชื้อชนิดนี้จากไวน์ที่เกิดรสเปรี้ยว เชื้อ Acetobacter มีลักษณะเซลล์มีรูปร่างรูปไข่ (ellipsoidal-shaped) หรือรูปแท่ง (rod-shaped) มีขนาด 0.6-0.8 x 1.0-3.0 ไมโครเมตร เซลล์อาจจะอยู่เป็นเซลล์เดี่ยว หรืออยู่เป็นคู่ หรืออยู่เป็นเส้นสาย

สำหรับคุณสมบัติของเชื้อในสกุล Acetobacter พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดอะซิติกได้ คือ Acetobacter และ Gluconobacter แต่ต่างกันตรงที่ Acetobacter ผลิตขึ้นมากกว่า Gluconobacter

เชื้อ Acetobacter ที่ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำส้มสายชูจำเป็นจะต้องได้รับการคัดเลือกมาเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ดี ดังนี้

ก. สามารถทนต่อความเข้มข้นของกรดอะซิติกในระดับสูง

ข. สามารถทนต่อความเข้มข้นทั้งหมดของกรดอะซิติกและแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในน้ำหมัก (total concentration) ได้สูง

ค. ต้องการสารอาหารเพิ่มเติมเพียงเล็กน้อย

ง. ไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยา overoxidation ซึ่งจะเปลี่ยนกรดะซิติกให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ในช่วงการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก (ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น) นี้ไม่ขึ้นกับการเพิ่มจำนวนเซลล์ (cell multiplication) ของเชื้อ Acetobacter คือ หลังจากเซลล์หยุดการเจริญเติบโตแล้วเซลล์จะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ ให้เป็นกรดอะซิติกในช่วง

ระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น จนกระทั่งความเข้มข้นของกรดอะซิติกสูงสุดแล้ว เซลล์จะตายอย่างรวดเร็ว และทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นหยุดลงทันทีเช่นกัน

5.2.4 ชนิดและราคาของน้ำส้มสายชู

พระราชบัญญัติอาหาร ปี พ.ศ.2522 ได้กำหนดให้น้ำส้มสายชูเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ จึงบังคับว่าต้องมีฉลาก โดยให้ใช้อักษรที่แสดงชนิดผลิตภัณฑ์เป็น **"ช"** ดังจะเห็นอักษรที่แสดงในเครื่องหมาย อย. เป็น "**ผช**" และ "**สช**" สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในประเทศและสั่งเข้าจากต่างประเทศตามลำดับ

กฎหมายได้แบ่งผลิตภัณฑ์นี้ออกเป็น 3 ชนิด คือ

5.2.4.1 **น้ำส้มสายชูหมัก** เป็นการนำวัตถุดิบที่เหมาะสม เช่น ธัญพืช ผัก ผลไม้ น้ำตาล หรือกากน้ำตาลมาหมักกับส่าเหล้า แล้วนำมาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามวิธีผลิต

5.2.4.2 **น้ำส้มสายชูกลั่น** ผลิตจากแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ ซึ่งหาซื้อได้จากโรงงานผลิตสุราหรือเอทานอล ควบคุมสภาวะการหมักและผลิตกรดน้ำส้มได้ 10-12% ใน 1 วัน แต่เครื่องมืออุปกรณ์อุปกรณ์เชื้อน้ำส้ม นำเข้ามาจากต่างประเทศ

5.2.4.3 **น้ำส้มสายชูเทียม** ซึ่งได้จากการเอากรดน้ำส้มมาทำให้เจือจาง

ถึงแม้ว่าน้ำส้มสายชูจะเป็นเครื่องปรุงรสที่มีกลิ่นและรสที่รุนแรงจากตัวกรดอะซิติก แต่น้ำส้มสายชูทั้งสามชนิดก็ยังมีความแตกต่างในแง่รสชาติ จนสามารถสังเกตรู้ได้น้ำส้มสายชูหมักมีกลิ่น รส ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตามชนิดวัตถุดิบเริ่มต้นที่ใช้ผลิต เช่น ธัญพืช ผลไม้ เป็นต้น เสน่ห์ของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูที่ผ่านการหมัก คือ สารอื่นๆที่ทำให้เกิดกลิ่นรส ร่วมกับกรดอะซิติกนั่นเอง โดยมากมักมีสีน้ำตาล ซึ่งอาจเกิดจากการหมักและแต่งสีด้วยคาราเมลประกอบกัน

ส่วนน้ำส้มสายชูกลั่นมีกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์ลดลงตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเหมือนกัน คือ แอลกอฮอล์กลั่น ซึ่งปกติชนิดกลั่นจะมีคุณภาพใกล้เคียงกัน

น้ำส้มสายชูเทียมผลิตจากกรดน้ำส้มเข้มข้นที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ และไม่ได้ผ่านการหมัก จึงมีรสชาติเป็นกรดอะซิติกแท้มากที่สุด

ราคาของผลิตภัณฑ์เหล่านี้จึงขึ้นกับเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก

- น้ำส้มสายชูหมักมีราคาสูงที่สุด คือประมาณ 60 บาทต่อลิตร
- น้ำส้มสายชูกลั่น (ในประเทศ) มีราคาประมาณ 16-22 บาทต่อลิตร

นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำส้มสายชูกลั่นที่สั่งเข้าจากต่างประเทศมีราคาสูงถึง 70-120 บาทต่อลิตร

- น้ำส้มสายชูเทียมมีราคาต่ำสุดคือประมาณ 6-7 บาทต่อลิตร

5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สิริพร แก้วสุริยะ (2527) พบว่าการทำน้ำส้มสายชูหมักจากสับปะรด เป็นการนำวัตถุดิบที่มีมากในท้องถิ่นจังหวัดลำปางมาแปรรูป โดยการหมักวิธีธรรมชาติและการใช้เครื่องหมัก ใช้น้ำสับปะรดความหวานเริ่มต้น 10 และ 20 องศาบริกซ์ ความเป็นกรดด่าง 4.0 ใช้เวลาหมัก 45 วัน ได้ไวน์มีปริมาณแอลกอฮอล์ เฉลี่ยร้อยละ 8.8 และ 12.6 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ย 6.8 และ 6.3 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ความเป็นกรดด่างเฉลี่ย 2.34 และ 2.91 ตามลำดับ นำไวน์ที่ได้ไปหมักเป็นน้ำส้มสายชูโดยวิธีธรรมชาติ ให้กระบวนการเกิดขึ้นอย่างช้าๆ เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ได้น้ำส้มสายชูซึ่งมีกรดน้ำส้มเฉลี่ยร้อยละ 4.11 และ 4.27 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ย 12.3 และ 13.1 องศาบริกซ์ ตามลำดับ น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักโดยใช้เครื่องหมักใช้เวลาหมัก 24 ชั่วโมง พบว่ามีกรดน้ำส้มเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเฉลี่ยร้อยละ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ย 11.3 และ 12.4 องศาบริกซ์ ตามลำดับ น้ำส้มสายชูหมักที่น้ำมีสีเหลืองใส รสเปรี้ยวถึงเปรี้ยวจัดมาก จากการเปรียบเทียบกรรมวิธีการหมักพบว่า คุณภาพของน้ำส้มสายชูที่ได้มีคุณภาพใกล้เคียงกับการหมักโดยธรรมชาติและประหยัดเวลาในการหมักมากกว่า แต่สามารถผลิตได้ในปริมาณมาก

นันทนิตย์ คงวัน (2541) ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักโดยใช้ระบบแบบฟิกด์เบด วัสดุตัวกลางที่ใช้คือ PVC raching rings การหมักแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นตอนแรกเป็นการหมักแอลกอฮอล์ในสภาวะไม่ใช้อากาศ จากน้ำที่บีบจากเปลือกสับปะรด โดยเชื้อยีสต์ในสกุล *Saccharomyces cerevisiae* ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้เรียกว่า “น้ำส่า” ซึ่งจะได้ปริมาณของแอลกอฮอล์ในสารละลายสูงสุดร้อยละ 13 โดยปริมาตร เมื่อใช้เวลาการหมัก 7 วัน ส่วนขั้นตอนที่

2 เป็นการหมักกรดน้ำส้ม (กรดอะซิติก) จากน้ำส่าในสภาวะมีอากาศ โดยเชื้อแบคทีเรียสกุล *Acetobacter aceti* ในถังหมักแบบฟิกด์เบดที่มีการป้อนสารละลายจากทางด้านบนในขณะที่ให้อากาศตลอดเวลาในลักษณะพ่นฝอยจากทางด้านล่างของถังหมัก ผลการทดลองพบว่า การใช้ระบบหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง ที่มีอัตราส่วนของปริมาณน้ำส่ากับปริมาณเชื้อน้ำส้มเริ่มต้นเท่ากับ 1:1 และเติมสารประกอบฟอสเฟตพวก $NH_4H_2PO_4$ ลงในน้ำส่าร้อยละ 0.5 จะได้ความเข้มข้นของกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 น้ำหนักโดยปริมาตร ในระยะเวลาการหมัก 5 วัน น้ำส้มสายชูหมักที่ได้มีลักษณะใส สีเหลืองทอง และมีกลิ่นหอม

มาลัย บุญรัตนกรกิจ และคณะ (2548) ได้ศึกษาการแปรรูปน้ำมะพร้าวน้ำหอมเป็นน้ำส้มสายชูหมัก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าและอายุการเก็บนานกว่ามะพร้าวผลสด โดยศึกษากรรมวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำมะพร้าวน้ำหอมแบบครบวงจร คือ ศึกษาการผลิตและการเก็บรักษาหัวเชื้อน้ำส้มสายชูด้วยน้ำมะพร้าวน้ำหอม การผลิตไวน์จากน้ำมะพร้าวน้ำหอม การผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์น้ำมะพร้าวน้ำหอม ได้ศึกษาองค์ประกอบของสูตรอาหารและกรรมวิธีการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มสายชู ผลการศึกษาพบว่าสามารถเพาะเลี้ยงและเก็บรักษาหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมักในอาหารน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่เติม yeast extract ได้นานกว่า 3 เดือน โดยมีเซลล์มีชีวิตที่ 104 cfu/ml และใช้ในการหมักได้ดี ส่วนการผลิตน้ำส้มสายชูโดยเชื้อ *Acetobacter aceti* พบว่าสามารถผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์น้ำมะพร้าวน้ำหอมได้กรดน้ำส้มร้อยละ 6.5 - 7.0 ภายในเวลา 5 วัน และมีอัตราการการเปลี่ยนไวน์เป็นน้ำส้มสายชูได้ที่ระดับใกล้เคียง 1 : 1 ปัจจุบันมีการนำน้ำส้มสายชูหมักมาใช้ประโยชน์หลายอย่าง ทั้งใช้เป็นเครื่องปรุงอาหารและเป็นส่วนผสมของอาหารเพื่อสุขภาพ ดังนั้นการแปรรูปน้ำมะพร้าวน้ำหอมนำมาผลิตเป็นน้ำส้มสายชู จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มมูลค่ามะพร้าวน้ำหอมได้

สิทธิสน บวรสมบัติ และคณะ (2550) พบว่ากระบวนการผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูมะเกี๋ยง จำเป็นต้องใช้กระบวนการหมัก 2 ขั้นตอน คือ การหมักไวน์ด้วยยีสต์ และกาหมักกรดอะซิติกด้วยเชื้อแบคทีเรียอซิติค พบว่าเมื่อใช้ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นกล้าเชื้อที่ความเข้มข้น 10 13 และ16 % ตามลำดับ ภายในเวลา 5 วัน เมื่อนำไวน์ที่ได้มาหมักต่อด้วย *Acetobacter aceti* โดยใช้ปริมาณกล้าเชื้อ 3 ระดับ คือ 5 10 และ 15 % พบว่า ปริมาณกรดอะซิติกที่ได้มีค่า 0.42 3.21 และ 3.29 % ตามลำดับ ภายในระยะเวลา 10 วัน การผลิต

กรดอะซิติกจากไวน์มะเกี๋ยงโดยใช้เครื่องกวนที่ความเร็วรอบ 200 400 และ 600 rpm จะได้ปริมาณกรดอะซิติก 2.38 2.37 และ 1.72 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกทำให้ใสขึ้นโดยใช้เครื่องปั่นเหวี่ยง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิต่ำ และกรองด้วยกระดาษกรอง สำหรับการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเมื่อปรุงแต่งด้วยสารให้ความหวาน 5 ชนิด น้ำเชื่อมข้าวโพด น้ำผึ้ง น้ำตาลกรวด และน้ำตาลทรายขาว ได้รับคะแนนการยอมรับด้านสีในระดับ 5.96 – 6.24 น้ำผึ้งได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น 6.24 น้ำตาลกรวดได้รับคะแนนการยอมรับด้านรสชาติ 5.28 และน้ำผึ้งและน้ำตาลกรวดได้รับคะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 5.60 และ 5.16 ตามลำดับ

สวรรยา เม้งเกร็ด และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาการผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากละมุด โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างเนื้อละมุดต่อน้ำที่ 1:2 1:3 และ 1:4 พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำไวน์ละมุด คือ 1:4 มีค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 10.4% เมื่อนำมาผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากละมุดด้วยการหมักในถาดสแตนเลส (Rapid tray method) จาก *Acetobater aceti* สายพันธุ์ 102 ในเวลาหมัก 3 วัน น้ำส้มสายชูที่ได้มีค่าเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกเท่ากับ 5.76% จากนั้นนำมาผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากละมุดผสมน้ำลูกหม่อนและทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าน้ำส้มสายชูหมักจากละมุด 5% ผสมน้ำส้มสายชูหมัก 3% และฟรุกโตสไซรัป 8% ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบทางด้านสี รสชาติ กลิ่น ความเปรี้ยวของน้ำส้มสายชูและความชอบโดยรวมมากที่สุด

นอกจากนี้แล้วยังมีน้ำส้มสายชูอีกหลายชนิด เช่น fruit vinegar (ทำจากผลไม้) sugar vinegar (ใช้ในน้ำเชื่อมหรือกากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ) เป็นต้น

ที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าน้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการหมักและมีผลิตกันแทบทุกประเทศทั่วโลก แต่อย่างไรก็ตามพัฒนาการทางด้านกระบวนการหมักที่ใช้ก็ยังจำเป็นที่จะต้องพัฒนาอยู่ตลอดไป เพื่อทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตสูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำลงให้มากที่เท่าที่จะเป็นไปได้นั่นเอง

6. แผนการดำเนินงานวิจัย

โดยใช้วัตถุดิบเหลือทิ้ง คือ เศษกล้วย ศึกษากรรมวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเศษกล้วยและ อย่างครบวงจร ซึ่งงานวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ในการศึกษาดังต่อไปนี้

6.1 ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตไวน์จากน้ำเศษกล้วย

6.1.1 อัตราส่วนเนื้อต่อน้ำ

6.1.2 ปริมาณกล้าเชื้อยีสต์

โดยศึกษาอัตราส่วนของเนื้อกล้วยจากวัตถุดิบ 2 แหล่งคือ เศษกล้วยและ ต่อน้ำ 4 อัตราส่วน ได้แก่ 1:2 1:3 1:4 และ 1:5 และปริมาณกล้าเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR5049 (*S. cerevisiae*) 3 ระดับ เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตไวน์ (2x4x3 Factorial in CRD = 24 treatment) วิเคราะห์ ปริมาณแอลกอฮอล์ ความหวาน ค่า pH ทำการคัดเลือกตัวอย่างที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูง

6.2 ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติก

6.2.1 ศึกษาปริมาณของกล้าเชื้อแบคทีเรียที่เหมาะสม

โดยใช้กล้าเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 103 (*A. aceti*) 3 ระดับ ได้แก่ 5 10 และ 15 % ซึ่งมีวิธีการดังนี้ นำน้ำไวน์ส่วนใสที่มีแอลกอฮอล์ประมาณ 10% แล้วทำการเติมกล้าเชื้อ *A. aceti* ลงไปโดยให้มีปริมาตร 5 10 และ 15 % แล้วทำการหมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าความหวาน ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่า pH ปริมาณกรดอะซิติก และการเจริญของแบคทีเรียด้วยเทคนิค spread plate วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ ความหวาน ค่า pH และค่าเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติก ทำการคัดเลือกตัวอย่างที่มีค่าเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกสูงสุด

6.2.2 ศึกษากระบวนการหมักน้ำส้มสายชูที่เหมาะสม

นำหัวเชื้อน้ำส้มสายชูเติมในไวน์จากเศษกล้วยในข้อ 6.1 โดยแปรระดับหัวเชื้อน้ำส้มสายชู 3 ระดับ ได้แก่ 10 15 และ 20% เพื่อหมักเป็นน้ำส้มสายชู ตรวจวิเคราะห์ค่าความหวาน ปริมาณแอลกอฮอล์ที่เหลืออยู่ และค่าเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติก จนมีค่าเปอร์เซ็นต์กรด

ปริมาณ 4% (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 204, 2543) ทำการคัดเลือกตัวอย่างที่มีเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกสูงสุด ทำให้น้ำส้มสายชูใส โดยนำน้ำส้มสายชูที่หมักได้ผลดีที่สุดมาทำการแยกตะกอนออกด้วยวิธีการกรองผ่านแผ่นกรอง การปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 6,000 rpm นาน 2 นาที และวิธีการเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นนาน 1 สัปดาห์ จากนั้นนำแต่ละวิธีมาตรวจสอบความขุ่นของเหลวที่แยกได้ด้วยเครื่อง Nepherometer

6.3 ศึกษาการผลิตและการเก็บรักษาหัวเชื้อที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู

เพื่อให้สามารถผลิตหัวเชื้อยีสต์และแบคทีเรียที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูสำหรับชุมชนได้

6.3.1 สูตรและเทคโนโลยีการผลิตลูกแป้งยีสต์

ปั้นลูกแป้งด้วยแป้งข้าวเจ้า 100 กรัม น้ำ 59 มิลลิลิตร เครื่องเทศ 1 กรัม กระเทียม 12 กรัม ข่าแก่บด 36 กรัม และเติมกล้าเชื้อ *S. cerevisiae* บ่มที่อุณหภูมิห้อง 48 ชั่วโมง แล้วอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำลูกแป้งยีสต์ที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค spread plate แล้วนำไปทดลองหมักน้ำส้มสายชู

6.3.2 สูตรและเทคโนโลยีการผลิตลูกแป้งแบคทีเรีย

ปั้นลูกแป้งด้วยแป้งข้าวเจ้า 100 กรัม น้ำมะพร้าว 80-85 มิลลิลิตร พริกไทยขาว 3 กรัม ดอกจันทน์ 3 กรัม ลูกจันทน์ 1 กรัม เติมกล้าเชื้อ *A. aceti* และกรดโปรปิออนนิก 0.2% บ่มที่อุณหภูมิห้อง 48 ชั่วโมง แล้วอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำลูกแป้งแบคทีเรียที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค spread plate แล้วนำไปทดลองหมักน้ำส้มสายชู

6.4 การประเมินคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลิตภัณฑ์

ประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากงานวิจัย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำส้มสายชูหมักจากเศษกล้วย ลูกแป้งยีสต์ และ ลูกแป้งแบคทีเรีย

6.5 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากลูกแป้งที่ผลิตได้ เปรียบเทียบกับน้ำส้มสายชูหมักในทางการค้า

โดยวิเคราะห์คุณลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

6.5.1 ปริมาณกรดน้ำส้มต้องไม่น้อยกว่า 4 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตรที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส

6.5.2 แอลกอฮอล์ตกค้าง (Residaul alcohol) ไม่เกิน 0.5%

6.5.3 ไม่มีกรดกำมะถัน (sulfuric acid) หรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น

6.5.4 ใส และไม่มีตะกอน

7. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

7.1 ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตไวน์จากน้ำเศษกล้วย

โดยศึกษาอัตราส่วนของเนื้อกล้วยจากวัตถุดิบ คือ เศษกล้วยและต่อน้ำ 4 อัตราส่วนได้แก่ 1:2 1:3 1:4 และ 1:5 และปริมาณกล้าเชื้อยีสต์ 3 ระดับ ได้แก่ 5 10 และ 15% เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตไวน์ (4x3 Factorial in CRD = 12 treatment) วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความหวาน และค่าpH ทำการทด 2 ซ้ำ คัดเลือกตัวอย่างที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูง ผลการทดลองดังตารางที่ 7.1 7.2 และ7.3 และ รูปที่ 7.1

รูปที่ 7.1 ไวน์กล้วยที่หมักด้วยอัตตราส่วนกล้วยต่อน้ำ 1:1 และ กล้าเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* **15%**

ตารางที่ 7.1 จากการทดลองการหมักไวน์จากเศษกล้วย พบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นปริมาณเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์มากขึ้น เนื่องจากการทำงานของยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็น

แอลกอฮอล์ เปรียบเทียบอัตราส่วนกล้วยต่อน้ำที่ปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากัน พบว่าเมื่อเติมน้ำมากขึ้น (เจือจางวัตถุดิบจากเศษกล้วย) เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ได้ลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณเริ่มต้นในการหมักไวน์กล้วย พบว่าที่ปริมาณเชื้อสูงในกระบวนการหมักจะให้เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงด้วย ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าปริมาณเชื้อมีผลต่อเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ อัตราส่วนเนื้อกล้วยต่อน้ำ 1: 2 และปริมาณกล้าเชื้อ 15% ในการหมักไวน์กล้วยให้ปริมาณแอลกอฮอล์สุดสูง จึงทำการคัดเลือกสภาวะดังกล่าวไปใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 7.2 การเปลี่ยนแปลง pH ของไวน์ในระหว่างการหมัก พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาและปริมาณน้ำในการหมัก pH มีแนวโน้มลดลง ที่ปริมาณเชื้อ 15% อัตราส่วนกล้วยต่อน้ำ 1:2 ระยะเวลาการหมัก 15 วันไวน์ที่ได้มี pH 3.4

ตารางที่ 7.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของไวน์ในระหว่างการหมัก พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำ (เจือจางวัตถุดิบกล้วย) ความหวานของไวน์จะ มีค่ามากกว่าการเพิ่มปริมาณน้ำน้อย นั้นก็หมายความว่าที่อัตราส่วนของกล้วยต่อน้ำน้อยยีสต์ใช้น้ำตาลได้ดีกว่าอัตราส่วนกล้วยต่อน้ำมากทำให้มีความหวานเหลือน้อยกว่า ที่ปริมาณเชื้อ 15% อัตราส่วนกล้วยต่อน้ำ 1:2 ระยะเวลาการหมัก 15 วัน มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เหลืออยู่ 5.00%

7.2 ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติก

โดยใช้กล้าเชื้อแบคทีเรีย 3 ระดับ ได้แก่ 5 10 และ 15 % ในการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกของเชื้อ *A. aceti* ตามวิธีการทดลองดังต่อไปนี้ นำไวน์ส่วนใสที่มีแอลกอฮอล์ประมาณ 10% มาเติมกล้าเชื้อ *A. aceti* ให้มีปริมาตร 5 10 และ 15 % โดยใช้ถาดแสตนเลสทำการหมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ประเมินผลการทดลองโดยวิเคราะห์ค่า ความหวาน ปริมาณแอลกอฮอล์ pH ปริมาณกรดอะซิติก และการเจริญของแบคทีเรียด้วยเทคนิค spread plate คัดเลือกตัวอย่างที่มีค่าเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกสูงสุด

A B C

รูปที่ 7.2 ปริมาณกล้าเชื้อ *A. aceti* ในการหมักน้ำส้มสายชู A กล้าเชื้อ 5%

B กล้าเชื้อ 10% และC กล้าเชื้อ 15%

จากตารางที่ 7.4 ปริมาณกล้าเชื้อ *A. aceti* ในการหมักน้ำส้มสายชู พบว่าในระยะเวลาการหมัก 15 วัน ปริมาณแอลกอฮอล์และค่า brix ลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับปริมาณกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเพิ่มขึ้น($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ ให้เป็นกรดน้ำส้ม (กรดอะซิติก) จากการทำงานของเชื้อ *A. aceti* เมื่อปริมาณกล้าเชื้อเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนของปริมาณแอลกอฮอล์ลดลงตั้งแต่ วันที่ 0-15 ของกล้าเชื้อ 5 10 และ 15% ไม่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การเปลี่ยนแปลงของกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นตั้งแต่ วันที่ 0 ถึง 12 ของกล้าเชื้อ 5 10 และ 15% ในวันที่ 15 ของการหมักปริมาณกรดอะซิติกของการใช้กล้าเชื้อ 10 และ 15 % มีมากกว่าการใช้กล้าเชื้อ 5% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตจึงเลือกใช้ปริมาณกล้า 10% ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 7.1 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในการหมักไวน์ที่ปริมาณเชื้อเริ่มต้นและอัตราส่วนของกล้วยต่อน้ำแตกต่างกัน

ปริมาณเชื้อ	อัตราส่วน	% Alcohol concentration (% w/v)					
เริ่มต้น	กล้วย :น้ำ	0 Day	3 Day	6 Day	9 Day	12 Day	15 Day
5%	1:2	0.00 ± 0.00^{ns}	1.30 ± 0.00^{a}	5.20 ± 0.00^{a}	5.10 ± 0.00^{b}	7.45 ± 0.07^{a}	7.50 ± 0.00^{b}
	1:3	0.00 ± 0.00^{ns}	3.20 ± 0.14^{b}	3.50 ± 0.00^{b}	6.00 ± 0.00^{a}	6.15 ± 0.07^{b}	6.95 ± 0.07^{b}
	1:4	0.00 ± 0.00^{ns}	1.75 ± 0.21^{c}	3.00 ± 0.00^{c}	4.55 ± 0.07^{c}	4.90 ± 0.00^{c}	5.90 ± 0.00^{c}
	1:5	0.00 ± 0.00^{ns}	1.30 ± 0.89^{d}	2.45 ± 0.07^{d}	2.80 ± 0.00^{d}	3.60 ± 0.00^{d}	3.60 ± 0.01^{e}
10%	1:2	0.00 ± 0.00^{ns}	3.40 ± 0.00^{a}	5.90 ± 0.14^{a}	6.30 ± 0.14^{a}	7.90 ± 0.07^{a}	8.10 ± 0.14^{b}
	1:3	0.00 ± 0.00^{ns}	3.15 ± 0.00^{b}	3.70 ± 0.00^{b}	5.30 ± 0.00^{b}	6.30 ± 0.07^{a}	7.90 ± 0.00^{b}
	1:4	0.00 ± 0.00^{ns}	2.20 ± 0.07^{c}	3.05 ± 0.00^{bc}	4.80 ± 0.00^{c}	5.20 ± 0.00^{ab}	5.80 ± 0.00^{c}
	1:5	0.00 ± 0.00^{ns}	1.30 ± 1.00^{d}	2.05 ± 0.07^{d}	3.15 ± 0.07^{d}	4.90 ± 0.00^{b}	4.10 ± 0.07^{d}
15%	1:2	0.00 ± 0.00^{ns}	3.60 ± 0.14^{a}	5.80 ± 0.00^{a}	6.15 ± 0.07^{a}	8.30 ± 0.28^{a}	10.45 ± 0.07^{a}
	1:3	0.00 ± 0.00^{ns}	3.55 ± 0.07^{a}	3.95 ± 0.07^{b}	6.45 ± 0.07^{b}	6.70 ± 0.14^{b}	7.20 ± 0.14^{b}
	1:4	0.00 ± 0.00^{ns}	2.10 ± 0.14^{b}	3.40 ± 0.28^{bc}	4.95 ± 0.07^{c}	5.70 ± 0.14^{c}	6.10 ± 0.14^{c}
	1:5	0.00 ± 0.00^{ns}	1.40 ± 0.00^{c}	2.10 ± 0.98^{c}	3.20 ± 0.00^{d}	4.15 ± 0.07^{d}	4.65 ± 0.07^{d}

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 7.2 ค่า pH ในการหมักไวน์ที่ปริมาณเชื้อเริ่มต้นและอัตราส่วนของกล้วยต่อน้ำแตกต่างกัน

ปริมาณเชื้อเริ่มต้น	อัตราส่วนกล้วย:น้ำ	กรด-ด่าง(pH)					
		0 Day	3 Day	6 Day	9 Day	12 Day	15 Day
5%	1:2	4.60 ± 0.00^{ns}	4.12 ± 0.00^{a}	3.95± 0.00^{a}	4.06 ± 0.00^{a}	3.94± 0.56^{a}	3.94 ± 0.56^{c}
	1:3	4.60 ± 0.00^{ns}	3.99 ± 0.00^{b}	3.88 ± 0.00^{b}	3.99 ± 0.00^{a}	3.95 ± 0.70^{a}	3.85± 0.07^{b}
	1:4	4.60 ± 0.00^{ns}	3.84 ± 0.00^{c}	3.55 ± 0.00^{c}	3.73 ± 0.07^{c}	3.60 ± 0.14^{b}	3.56 ± 0.00^{a}
	1:5	4.60 ± 0.00^{ns}	3.65 ± 0.00^{d}	3.40 ± 0.07^{d}	3.59 ± 0.00^{d}	3.40± 0.00^{c}	3.20 ± 0.01^{a}
10%	1:2	4.60 ± 0.00^{ns}	4.08 ± 0.03^{a}	3.96 ± 0.49^{a}	4.03 ± 0.00^{a}	3.81 ± 0.07^{b}	3.50 ± 0.00^{b}
	1:3	4.60 ± 0.00^{ns}	3.92 ± 0.07^{b}	3.80 ± 0.00^{b}	3.97 ± 0.00^{b}	3.91 ± 0.00^{a}	3.80 ± 0.00^{a}
	1:4	4.60 ± 0.00^{ns}	3.80 ± 0.14^{bc}	3.57 ± 0.00^{c}	3.73 ± 0.00^{c}	3.12 ± 0.03^{d}	3.15 ± 0.00^{c}
	1:5	4.60 ± 0.00^{ns}	3.71 ± 0.91^{c}	3.52 ± 0.02^{c}	3.58 ± 0.00^{d}	3.49 ± 0.07^{c}	3.23 ± 0.02^{c}
15%	**1:2**	4.60 ± 0.00^{ns}	4.07 ± 0.01^{a}	4.04 ± 0.01^{a}	4.03 ± 0.02^{a}	3.80 ± 0.00^{a}	**3.40 ± 0.00^{a}**
	1:3	4.60 ± 0.00^{ns}	3.96 ± 0.04^{b}	3.84 ± 0.05^{b}	3.96 ± 0.01^{b}	3.91 ± 0.01^{b}	3.80 ± 0.00^{b}
	1:4	4.60 ± 0.00^{ns}	3.78 ± 0.07^{c}	3.58 ± 0.21^{c}	3.71 ± 0.02^{c}	3.46 ± 0.56^{c}	3.26 ± 0.08^{c}
	1:5	4.60 ± 0.00^{ns}	3.58 ± 0.12^{d}	3.40 ± 0.84^{d}	3.62 ± 0.00^{d}	3.50 ± 0.00^{c}	3.20 ± 0.00^{d}

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 7.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในการหมักไวน์ ที่ปริมาณเชื้อเริ่มต้นและอัตราส่วนของกล้วยต่อน้ำแตกต่างกัน

ปริมาณเชื้อเริ่มต้น	อัตราส่วนกล้วย :น้ำ	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (^{0}Brix)					
		0 Day	3 Day	6 Day	9 Day	12 Day	15 Day
5%	1:2	22.00 ± 0.00^{ns}	12.50 ± 0.70^{b}	10.00± 0.00^{b}	5.84 ± 0.08^{c}	5.85± 0.07^{d}	5.00 ± 0.00^{d}
	1:3	22.00 ± 0.00^{ns}	13.00 ± 0.41^{b}	10.50 ± 0.00^{b}	5.85 ± 0.12^{c}	5.25 ± 0.35^{c}	5.15± 0.07^{c}
	1:4	22.00 ± 0.00^{ns}	14.00 ± 0.00^{ab}	10.00 ± 0.00^{b}	9.00 ± 0.07^{b}	8.60 ± 0.14^{b}	8.25 ± 0.35^{b}
	1:5	22.00 ± 0.00^{ns}	15.00 ± 0.00^{a}	14.00 ± 0.07^{a}	10.50 ± 0.00^{a}	9.60 ± 0.14^{a}	9.00 ± 0.00^{a}
10%	1:2	22.00 ± 0.00^{ns}	13.50 ± 0.12^{ns}	8.00 ± 0.00^{d}	6.00 ± 0.00^{c}	5.65 ± 0.21^{d}	5.00 ± 0.03^{c}
	1:3	22.00 ± 0.00^{ns}	14.00 ± 0.00^{ns}	10.00 ± 0.00^{c}	7.00 ± 0.00^{b}	6.35 ± 0.21^{c}	5.06 ± 0.84^{c}
	1:4	22.00 ± 0.00^{ns}	14.25 ± 0.35^{ns}	11.50 ± 0.00^{b}	7.90 ± 0.00^{a}	7.55 ± 0.70^{b}	7.85 ± 0.07^{b}
	1:5	22.00 ± 0.00^{ns}	15.00 ± 0.00^{ns}	12.50 ± 0.70^{a}	10.00 ± 0.00^{a}	9.80 ± 0.00^{a}	9.75 ± 0.07^{a}
15%	1:2	22.00 ± 0.00^{ns}	13.50 ± 0.70^{b}	8.50 ± 0.07^{c}	7.50 ± 0.07^{b}	5.70 ± 0.14^{d}	**5.00 ± 0.01^{c}**
	1:3	22.00 ± 0.00^{ns}	14.25 ± 0.38^{ab}	10.50 ± 0.07^{b}	7.50 ± 0.07^{b}	7.05 ± 0.07^{c}	5.11 ± 0.14^{c}
	1:4	22.00 ± 0.00^{ns}	14.00 ± 0.00^{b}	12.00 ± 0.00^{ab}	8.02 ± 0.03^{b}	7.20 ± 0.00^{b}	7.25 ± 0.35^{b}
	1:5	22.00 ± 0.00^{ns}	15.00 ± 0.00^{a}	13.50 ± 0.70^{a}	10.20 ± 0.28^{a}	9.61 ± 0.00^{a}	9.41 ± 0.14^{a}

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 7.4 ค่าบริกซ์ แอลกอฮอล์ และกรดอะซิติก ในการหมักน้ำส้มสายชูที่ปริมาณเชื้อเริ่มต้นแตกต่างกัน

ปริมาณเชื้อเริ่มต้น	คุณสมบัติ	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)					
		0 Day	3 Day	6 Day	9 Day	12 Day	15 Day
5%	%Brix	5.00 ± 0.00^{a}	4.00 ± 0.41^{b}	3.50 ± 0.00^{c}	2.85 ± 0.12^{d}	2.25 ± 0.35^{de}	1.15 ± 0.07^{f}
	%alcohol	10.45 ± 0.00^{a}	8.00 ± 0.00^{b}	6.00 ± 0.00^{c}	5.00 ± 0.07^{d}	4.60 ± 0.14^{e}	3.25 ± 0.35^{f}
	%acetic acid	0.00 ± 0.00^{f}	1.00 ± 0.00^{e}	1.42 ± 0.07^{d}	2.00 ± 0.00^{c}	2.42 ± 0.14^{b}	3.02 ± 0.00^{b}
10%	%Brix	5.00 ± 0.00^{a}	4.00 ± 0.00^{b}	3.00 ± 0.00^{bc}	2.00 ± 0.00^{d}	1.95 ± 0.21^{e}	1.06 ± 0.84^{f}
	%alcohol	10.45 ± 0.00^{a}	8.00 ± 0.35^{bs}	7.05 ± 0.00^{c}	5.90 ± 0.00^{d}	4.55 ± 0.70^{e}	3.05 ± 0.07^{f}
	%acetic acid	$0.0+ 0.00^{f}$	1.45 ± 0.00^{e}	1.60 ± 0.70^{d}	2.05 ± 0.00^{c}	2.98 ± 0.00^{b}	3.65 ± 0.07^{a}
15%	%Brix	5.00 ± 0.00^{a}	4.05 ± 0.38^{b}	3.00 ± 0.07^{bc}	2.00 ± 0.07^{d}	1.55 ± 0.07^{e}	1.01 ± 0.14^{f}
	%alcohol	10.45 ± 0.00^{a}	8.00 ± 0.00^{b}	6.00 ± 0.00^{c}	5.02 ± 0.03^{d}	4.20 ± 0.00^{e}	3.00 ± 0.35^{f}
	%acetic acid	0.00 ± 0.00^{f}	$1.5.00 \pm 0.00^{e}$	1.77 ± 0.70^{d}	2.24 ± 0.28^{bc}	2.99 ± 0.00^{b}	3.70 ± 0.14^{a}

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

7.3 ศึกษาการผลิตและการเก็บรักษาหัวเชื้อที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู

การผลิตและการเก็บรักษาหัวเชื้อที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู เพื่อให้สามารถผลิตหัวเชื้อยีสต์และแบคทีเรียที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูสำหรับชุมชนได้

7.3.1 เทคโนโลยีการผลิตลูกแป้งยีสต์

7.3.1.1 การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ลูกแป้งยีสต์

1) จุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษา

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษา คือ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5049 จากสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

2) การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น

นำเชื้อ *S.cerevisiae* ที่อยู่ในลักษณะผงแห้งจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเลี้ยงใน Potato dextrose broth ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ (aseptic technique) นำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำการถ่ายเชื้ออย่างน้อยสามครั้งเพื่อกระตุ้นให้เชื้อมีการเจริญและมีความแข็งแรง

เตรียมเซลล์แขวนลอยเซลล์ของ *S.cerevisiae* ใช้ลูปทำการถ่ายเชื้อที่ได้จากข้อ 2) ลงใน potato dextrose agar slant บ่มที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เป็นเซลล์แขวนลอย โดยใส่น้ำกลั่นปราศจากเชื้อลงในหลอดหลอดละ 10 มิลลิลิตร เทเซลล์แขวนลอยของเชื้อลงขวดที่ฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน10 slant จะได้เซลล์แขวนลอยของเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 8 log cfu/ml นับปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ได้

7.3.1.2 สูตรและกรรมวิธีการผลิตลูกแป้งยีสต์

สูตรลูกแป้งยีสต์ แป้งข้าวเจ้า 500 กรัม กระเทียม 8 กรัม ขิง 8 กรัม ข่า 4 กรัม ชะเอม 8 กรัม พริกไทย 1.2 กรัม ดีปลี 1.2 กรัม และเซลล์แขวนลอยของเชื้อ *S. cerevisiae* 600 มิลลิลิตร ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 8 log cfu/ml นวดส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันจนแป้งเหนียว นำส่วนผสมทั้งหมด

ที่นวดเข้ากันดี บ่มอุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง จากนั้นปั้นลูกแป้งเป็นลูกกลมๆ ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร วางลูกแป้งในถาดสแตนเลสที่ปูด้วยใบตอง และปิดคลุมด้วยผ้าขาวบาง นำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง นำลูกแป้งที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์การเจริญของเชื้อยีสต์ด้วยเทคนิค spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ rose bengal agar ลูกแป้งที่ได้นำไปทดลองหมักไวน์กล้วยต่อไปดังรูปที่ 7.3 ได้ลูกแป้งสีขาว รูปที่ 7.4

นวดผสมลูกแป้งด้วยแป้งข้าวเจ้า 500 กรัม นำเซลล์แขวนลอย *S. cerevisiae*

600 มิลลิลิตร กระเทียม 8 กรัม ขิง 8 กรัม ข่า 4 กรัม ชะเอม 8 กรัม พริกไทย 1.2 กรัม

และดีปลี 1.2 กรัม

↓

บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง

↓

ปั้นเป็นก้อนกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร

↓

กดให้แบนลงเล็กน้อย

↓

เรียงในถาดสแตนเลสที่ปูด้วยใบตองแล้วคลุมด้วยผ้าขาวบาง

↓

นำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง

↓

ลูกแป้งยีสต์

↓

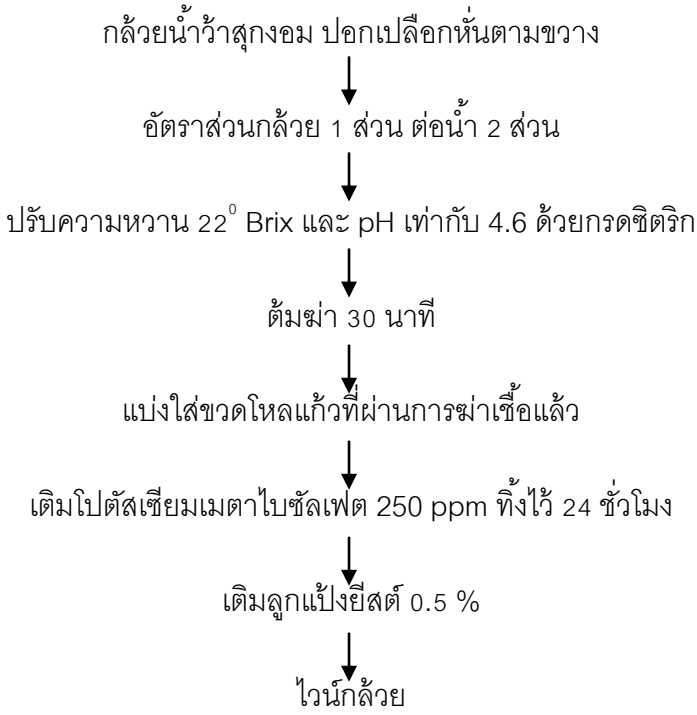
เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น

รูปที่ 7.3 ขั้นตอนการผลิตลูกแป้งยีสต์

รูปที่ 7.4 ลูกแป้งยีสต์

7.3.2 ศึกษาการใช้ลูกแป้งยีสต์ในการหมักไวน์กล้วย

นำกล้วยน้ำว้าสุก (ระยะ7) มาปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นบางๆ ตามขวาง โดยเตรียมอัตราส่วนกล้วยต่อน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 2 นำไปต้มให้เดือด นาน 30 นาที ปรับความหวานให้ได้ 22^{0} Brix และ pH 4.6 เติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลเฟต 250 ppm ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เติมลูกแป้งยีสต์ 0.5% เก็บผลการทดลองทุกๆ 3 วัน นำไปวิเคราะห์หา ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความหวาน ค่า pH โดยทำการหมักจนได้ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 10 % ตรวจวิเคราะห์ความหวาน ปริมาณแอลกอฮอล์ และค่า pH ซึ่งมีขั้นตอนดังรูปที่ 7. 5 ได้ลูกแป้งสีขาว รูปที่ 7.6



รูปที่ 7.5 การหมักไวน์กล้วยด้วยลูกแป้งยีสต์

7.3.2 เทคโนโลยีการผลิตลูกแป้งแบคทีเรีย

7.3.2.1 การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ลูกแป้งแบคทีเรีย

1) จุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษา

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษา คือ *Acetobacter aceti* TISTR 103 จากสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

2) การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น

นำเชื้อ *A. aceti* ลักษณะเป็นผงแห้งจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมาเลี้ยงใน glucose yeast extract broth ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ (aseptic technique) บ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำการถ่ายเชื้ออย่างน้อยสามครั้งเพื่อกระตุ้นให้เชื้อมีการเจริญและมีความแข็งแรง

เตรียมเซลล์แขวนลอยเซลล์ของ *A. aceti* ใช้ลูปทำการถ่ายเชื้อที่ได้จากข้อ 2) ลงใน glucose yeast extract broth บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำมะพร้าวปริมาตร 300 มิลลิลิตร ที่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อแล้ว มาล้างเซลล์ออกจาก glucose yeast extract agar slant จำนวน 10 slant จะได้เซลล์แขวนลอยของเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 6 log cfu/ml นับปริมาณเชื้อเริ่มต้นด้วยเทคนิค spread plate บนอาหาร glucose yeast extract agar

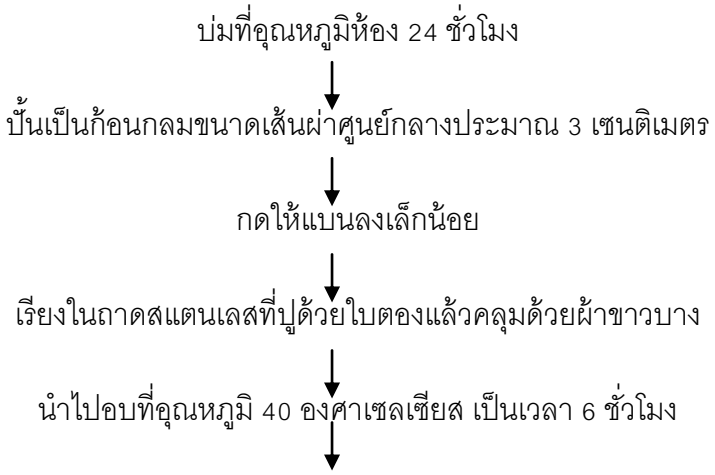
7.3.2.2 สูตรลูกแป้งแบคทีเรีย

1) การเตรียมลูกแป้ง

นวดผสมลูกแป้งด้วยแป้งข้าวเจ้า 500 กรัม พริกไทยขาว 15 กรัม ดอกจันทร์ 15 กรัม ลูกจันทร์ 5 กรัม และกล้าเชื้อ *A. aceti* ในน้ำมะพร้าว 600 มิลลิลิตรที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 6 log cfu/ml และกรดโพรพิโอนิก 0.2 เปอร์เซ็นต์ บ่มส่วนผสมทั้งหมดที่นวดเข้ากันดีแล้ว ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นวดอีกครั้งให้เข้ากันดีแล้วที่บ่มอุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นปั้นลูกแป้งเป็นลูกกลมๆ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร วางลูกแป้งบนถาดสแตนเลสที่ปูด้วยใบตองและปิดคลุมด้วยผ้าขาวบาง อบลูกแป้ง 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (รูปที่ 6) ได้ลูกแป้งที่มีลักษณะสีขาว (รูปที่7) นำลูกแป้งที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์การเจริญของเชื้อด้วยเทคนิค spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ glucose yeast extract agar แล้วนำไปทดลองการหมักไวน์กล้วยต่อไปดังรูปที่ 7.8

นวดผสมลูกแป้งด้วยแป้งข้าวเจ้า 500 กรัม น้ำมะพร้าว กล้าเชื้อ *A. aceti*

600 มิลลิตร พริกไทยขาว 15 กรัม ดอกจันทร์ 15 กรัม ลูกจันทร์ 5 กรัม และกรดโพรพิโอนิก 0.2 %



ลูกแป้งแบคทีเรีย

↓

นำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น

รูปที่ 7.6 ขั้นตอนการทำลูกแป้งแบคทีเรีย

รูปที่ 7.7 ลูกแป้งแบคทีเรีย

7.3.2.2 ศึกษากระบวนการหมักน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์กล้วยโดยใช้ลูกแป้งแบคทีเรีย

นำไวน์กล้วยที่มีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 10.30% มาหมักโดยใช้ลูกแป้งแบคทีเรีย โดยมีขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อดังรูปที่ 7.7

เทไวน์กล้วย 300 ml ลงในถาดสแตนเลสที่ฆ่าเชื้อแล้ว

↓

เติมลูกแป้ง *A.aceti* ลงไป 0.5%

↓

ปิดคลุมด้วยแผ่นพลาสติก เจาะรูเล็กๆ ให้ทั่วแผ่น

↓

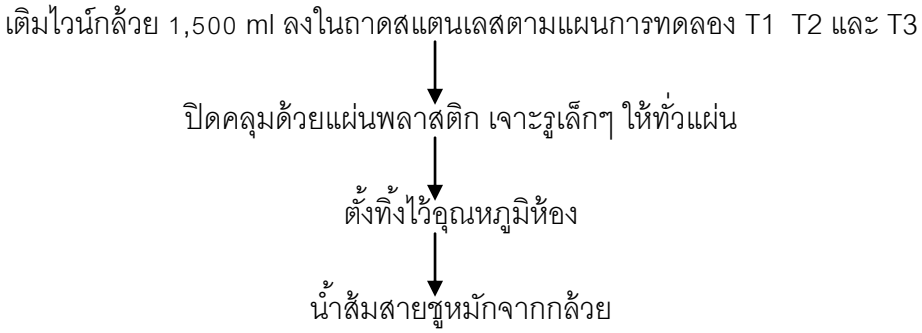
ตั้งทิ้งไว้อุณหภูมิห้อง 48 ชั่วโมง

↓

หัวเชื้อน้ำส้มสายชู

รูปที่ 7.8 ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อแบคทีเรียสำหรับหมักน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์กล้วย

หลังจากนั้นนำลูกแป้งมาเติมในไวน์กล้วยที่เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์กับ 10.4 % เพื่อหมักเป็นน้ำส้มสายชูตามกระบวนการดังรูปที่ 7.9 ทำการตรวจวิเคราะห์ความหวาน ปริมาณแอลกอฮอล์ที่เหลืออยู่ และค่าเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกจนมีค่าเปอร์เซนต์กรด 4 % (ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 204, 2543)



รูปที่ 7.9 ขั้นตอนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยด้วยเชื้อจากลูกแป้งแบคทีเรีย

หมายเหตุ T1 : ไวน์กล้วยเติมหัวเชื้อ 20%, T2 : ไวน์กล้วย เติมหัวเชื้อ 20% (หัวเชื้อ เติมลูกแป้ง 0.5%) และ T3 : ไวน์กล้วยเติมลูกแป้ง 0.5%

ตารางที่ 7.5 ค่าความหวาน ค่า pH ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ในการหมักไวน์กล้วย

วิเคราะห์	ตัวอย่าง	เวลา (วัน)					
		0	3	6	9	12	15
ค่า pH	T1	4.60 ± 0.00^{ns,A}	4.50 ± 0.00^{b,B}	4.40 ± 0.00^{b,C}	4.47. ± 0.00^{a,D}	4.30 ± 0.00^{ns,E}	4.20 ± 0.00^{a,F}
	T2	4.60± 0.00^{ns,A}	4.51± 0.00^{a,B}	4.43± 0.00^{a,C}	4.35± 0.00^{b,D}	4.28± 0.00^{ns,E}	4.10± 0.00^{b,F}
ความหวาน (^{0}Brix)	T1	22.00 ± 0.00^{ns,A}	13.50 ± 0.01^{a,B}	11.00 ± 0.02^{ns,C}	9.50 ± 0.00^{a,D}	8.50 ± 0.02^{a,E}	7.20 ± 0.00^{a,F}
	T2	22.00± 0.00^{ns,A}	11.50± 0.03^{b,B}	11.00 ± 0.01^{ns,C}	9.12± 0.04^{b,D}	8.40± 0.01^{b,E}	7.00± 0.00^{b,F}
ค่า % แอลกอฮอล์	T1	0.00 ± 0.00^{ns,F}	3.50 ± 0.02^{b,E}	4.80 ± 0.00^{b,D}	6.10 ± 0.02^{b,C}	8.00 ± 0.00^{b,B}	10.50 ± 0.00^{b,A}
	T2	0.00 ± 0.00^{ns,F}	9.90 ± 0.01^{a,E}	10.50 ± 0.00^{a,D}	12.00± 0.01^{a,C}	12.40 ± 0.02^{a,B}	**13.30 ± 0.02^{a,A}**

หมายเหตุ T1 : เติมหัวเชื้อ 20%, T2 : เติมลูกแป้ง 0.5%

A คือตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a คือตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 7.5 ศึกษากระบวนการหมักไวน์กล้วยโดยใช้ลูกแป้งยีสต์ในการหมักไวน์กล้วย โดยใช้กล้วยสุกระยะ 7 อัตราส่วนเนื้อกล้วยต่อน้ำ คือ 1: 2 ปรับน้ำกล้วยด้วยน้ำตาลให้ได้ 22 ^{0}brix pH 4.6 ทำการเติมหัวเชื้อ 2 ระดับ คือ เติมหัวเชื้อยีสต์ 20% (T1) และ เติมลูกแป้งยีสต์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (T2) พบว่าค่า pH ของตัวอย่าง T1 และ T2 ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นค่า pH มีแนวโน้มลดลง ค่า ^{0}Brix ของ T2 มีค่าน้อยกว่า T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) วันที่ 6 ของการหมัก เมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นค่าความหวานลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) สอดคล้องกับค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้น **ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ของ T2 มีค่ามากกว่า T1** อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ตั้งแต่วันที่ 3 ถึงวันที่ 15 ของการหมัก และเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเมื่อทำการไวน์กล้วย 15 วัน ดังนั้นจึงเลือกการหมักแบบ T2 คือ เติมลูกแป้งยีสต์ 0.5%

ตารางที่ 7.6 ค่าความหวาน (^{0}Brix) ในการหมักน้ำส้มสายชู

เวลา (วัน)	ตัวอย่าง		
	T1	T2	T3
0	$7.00 \pm 0.00^{ns,A}$	$7.00 \pm 0.00^{ns,A}$	$7.00 \pm 0.00^{ns,A}$
3	$6.80 \pm 0.07^{b,B}$	$6.80 \pm 0.07^{b,B}$	$7.45 \pm 0.07^{a,B}$
6	$6.50 \pm 0.12^{b,C}$	$6.60 \pm 0.12^{b,C}$	$6.70 \pm 0.12^{a,C}$
9	$5.13 \pm 0.01^{b,D}$	$5.79 \pm 0.01^{a,D}$	$5.80 \pm 0.01^{a,D}$
12	$5.19 \pm 0.03^{a,E}$	$4.81 \pm 0.01^{b,E}$	$5.20 \pm 0.01^{a,E}$
15	$4.05 \pm 0.00^{b,F}$	$4.05 \pm 0.00^{b,F}$	$4.70 \pm 0.00^{a,F}$
18	$3.55 \pm 0.05^{b,G}$	**$3.55 \pm 0.00^{b,G}$**	$4.50 \pm 0.00^{a,G}$

T1 : ไวน์กล้วยเติมหัวเชื้อ 20%, T2 : ไวน์กล้วยเติมหัวเชื้อ 20% และหัวเชื้อเติมลูกแป้ง 0.5%

T3 : ไวน์กล้วยเติมลูกแป้ง 0.5%

หมายเหตุ

ตัวอักษร a มีความแตกต่างทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในแนวนอน

ตัวอักษร A มีความแตกต่างทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในแนวตั้ง

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 7.6 ค่าความหวาน (^{0}Brix) ในการหมักน้ำส้มสายชูจากกล้วย เมื่อใช้ลูกแป้งแบบ T3 เป็นกล้าเชื้อโดยตรงจะเกิดกรดได้ช้าหรือใช้เวลานานกว่า T1 และ T2 นอกจากนี้ไวน์กล้วยที่ใช้ลูกแป้งแบบ T1 และ T2 ความหวานนของไวน์กล้วยลดลงในระยะเวลาใกล้เคียง ในวันที่ 18 ของการหมัก ความหวานสุดท้ายลดลงเหลือ 3.55 ^{0}brix

ตารางที่ 7.7 ค่า pH ในการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์กล้วย

เวลา (วัน)	ตัวอย่าง		
	T1	T2	T3
0	$4.10 \pm 0.00^{ns,A}$	$4.10 \pm 0.00^{ns,A}$	$4.10 \pm 0.00^{ns,A}$
3	$3.84 \pm 0.07^{c,B}$	$3.88 \pm 0.01^{b,B}$	$4.10 \pm 0.01^{a,B}$
6	$3.78 \pm 0.0.02^{c,C}$	$3.83 \pm 0.01^{b,C}$	$3.88 \pm 0.04^{a,C}$
9	$3.23 \pm 0.01^{c,D}$	$3.28 \pm 0.01^{b,D}$	$3.68 \pm 0.01^{a,D}$
12	$3.16 \pm 0.03^{c,E}$	$3.24 \pm 0.14^{b,E}$	$3.25 \pm 0.01^{a,E}$
15	$3.15 \pm 0.21^{b,E}$	$3.20 \pm 0.12^{a,F}$	$3.10 \pm 0.02^{c,F}$
18	$3.10 \pm 0.01^{b,F}$	$3.14 \pm 0.10^{a,G}$	$3.04 \pm 0.00^{c,G}$

T1 : ไวน์กล้วยเติมหัวเชื้อ 20%, T2 : ไวน์กล้วย เติมหัวเชื้อ 20% (หัวเชื้อ เติมลูกแป้ง 0.5%)

T3 : ไวน์กล้วยเติมลูกแป้ง 0.5%

หมายเหตุ

ตัวอักษร a มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวนอน

ตัวอักษร A มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 7.7 ค่า pH ในการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์กล้วย ค่า pH ในการหมักมีค่าลดลงตั้งแต่วันที่0 ถึง 18 ของการหมักทั้ง 3 แบบของการหมัก การหมักแบบ T1 T2 และ T3 โดยส่วนใหญ่ให้ผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่า pH ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 7.8 ปริมาณแอลกอฮอล์ ในการหมักน้ำส้มสายชูจากกล้วย

เวลา (วัน)	ตัวอย่าง		
	T1	T2	T3
0	$13.13 \pm 0.00^{ns,A}$	$13.13 \pm 0.00^{ns,A}$	$13.13 \pm 0.00^{ns,A}$
3	$9.89 \pm 0.01^{b,B}$	$10.14 \pm 0.07^{c,B}$	$12.40 \pm 0.01^{a,B}$
6	$9.30 \pm 0.01^{b,C}$	$8.91 \pm 0.02^{c,C}$	$10.10 \pm 0.00^{a,C}$
9	$3.10 \pm 0.00^{c,D}$	$3.90 \pm 0.01^{b,D}$	$5.60 \pm 0.00^{a,D}$
12	$0.00 \pm 0.01^{c,E}$	$2.10 \pm 0.03^{b,E}$	$3.60 \pm 0.03^{a,E}$
15	$0.00 \pm 0.01^{b,F}$	$0.00 \pm 0.01^{b,F}$	$2.95 \pm 0.00^{a,F}$
18	$0.00 \pm 0.01^{ns,G}$	$0.00 \pm 0.01^{ns,G}$	$0.00 \pm 0.01^{ns,G}$

T1 : ไวน์กล้วยเติมหัวเชื้อ 20%, T2 : ไวน์กล้วย เติมหัวเชื้อ 20% (หัวเชื้อ เติมลูกแป้ง 0.5%)

T3 : ไวน์กล้วยเติมลูกแป้ง 0.5%

หมายเหตุ

ตัวอักษร a มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวนอน

ตัวอักษร A มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 7.9 ปริมาณกรดอะซิติก ในการหมักน้ำส้มสายชูจากกล้วย

เวลา (วัน)	ตัวอย่าง		
	T1	T2	T3
0	$0.34 \pm 0.00^{ns,E}$	$0.34 \pm 0.00^{ns,E}$	$0.34 \pm 0.00^{ns,G}$
3	$0.59 \pm 0.01^{a,D}$	$0.51 \pm 0.01^{b,F}$	$0.41 \pm 0.01^{c,F}$
6	$0.82 \pm 0.01^{a,C}$	$0.65 \pm 0.01^{b,D}$	$0.43 \pm 0.01^{c,E}$
9	$4.76 \pm 0.00^{a,B}$	$2.77 \pm 0.07^{b,C}$	$1.00 \pm 0.01^{c,D}$
12	$5.70 \pm 0.01^{a,A}$	$5.31 \pm 0.02^{b,B}$	$3.12 \pm 0.02^{c,C}$
15	$5.71 \pm 0.01^{a,A}$	$5.76 \pm 0.04^{b,A}$	$4.05 \pm 0.00^{c,A}$
18	$5.71 \pm 0.01^{c,A}$	$5.76 \pm 0.05^{b,A}$	$6.34 \pm 0.01^{a,A}$

T1 : ไวน์กล้วยเติมหัวเชื้อ 20%, T2 : ไวน์กล้วย เติมหัวเชื้อ 20% (หัวเชื้อ เติมลูกแป้ง 0.5%)

T3 : ไวน์กล้วยเติมลูกแป้ง 0.5%

หมายเหตุ

ตัวอักษร a มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวนอน

ตัวอักษร A มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 7.10 น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักโดยใช้ลูกแป้งเทียบกับการหมักแบบใช้หัวเชื้อ

T1 : ไวน์กล้วยเติมหัวเชื้อ 20%

T2 : ไวน์กล้วย เติมหัวเชื้อ 20% โดย หัวเชื้อ เติมลูกแป้ง 0.5%

T3 : ไวน์กล้วยเติมลูกแป้ง 0.5%

ตารางที่ 7.8 ปริมาณแอลกอฮอล์ ในการหมักน้ำส้มสายชูจากกล้วย พบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นปริมาณแอลกอฮอล์มีค่าลดลง การหมักแบบ T1 ปริมาณแอลกอฮอล์มีค่าเท่ากับ 0 ในวันที่ 12 ของการหมัก ในขณะที่ การหมักแบบ T2 และ T3 ปริมาณแอลกอฮอล์มีค่าเท่ากับ 0 ในวันที่ 15 และ 18 ของการหมักตามลำดับ การหมักแบบ T1 แบคทีเรียใช้แอลกอฮอล์หมดเร็วกว่า T2 และ T3 ตามลำดับ

ตารางที่ 7.9 ปริมาณกรดอะซิติก ในการหมักน้ำส้มสายชูจากกล้วย พบว่า การหมักแบบ T1 T2 และ T3 ให้เปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกมีค่ามากกว่า 4.0 (ค่าที่กฎหมายอาหารกำหนดในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก) ในวันที่ 9 12 และ 18 ตามลำดับ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การหมักแบบ T1 ใช้เวลาในการผลิตกรดอะซิติกสั้นกว่าการหมักแบบ T2 และ T3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

อย่างไรก็ตาม การหมักแบบ T1 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีขุ่น ส่วน T2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อนและใส T3 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อนและขุ่นเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเนื่องจากการหมักแบบ T2 : คือไวน์กล้วย เติมหัวเชื้อ 20% และหัวเชื้อ เติมลูกแป้ง 0.5% นั้น เมื่อใช้ลูกแป้งเป็นกล้าเชื้อโดยตรงในปริมาณ 0.5% จะเกิดกรดได้ช้าหรือใช้เวลานานกว่าไวน์กล้วยที่เติมหัวเชื้อ ในขณะที่ไวน์กล้วยที่เติมหัวเชื้อในปริมาณที่เท่ากัน T1 และ T2 จะได้ปริมาณกรดและใช้ระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะจุลินทรีย์ในลูกแป้งอยู่ในสภาพที่อ่อนแอกว่าเชื้อสด และการนำลูกแป้งมาเตรียมกล้าเชื้อนั้น นอกจากจะเป็นการเพิ่มปริมาณเชื้อ ยังทำให้เชื้ออยู่ในสภาพคงที่ **ดังนั้นจึงทำให้การหมักแบบ T2 การหมักช้ากว่า T1 เล็กน้อยและได้ผลิตภัณฑ์ที่ใสกว่า** (รูปที่ 7.10) จึงเลือกใช้สภาวะดังกล่าวในการผลิตน้ำส้มสายชูกล้วยจากลูกแป้ง

7.3.3 อายุในการเก็บรักษาลูกแป้ง

ศึกษาอายุการเก็บรักษาลูกแป้งยีสต์และแบคทีเรียที่ใช้ในกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูจากกล้วยได้ผลการทดลองดังตารางที่ 7.10

ตารางที่ 7.10 ปริมาณเชื้อในลูกแป้งยีสต์ และแบคทีเรีย

เวลา(สัปดาห์)	ปริมาณเชื้อยีสต์ (cfu/g) (ลูกแป้งสำหรับทำไวน์)	ปริมาณแบคทีเรีย (cfu/g) (ลูกแป้งสำหรับทำน้ำส้มสายชู)
0	3.10×10^{8}	3.54×10^{7}
2	2.90×10^{8}	**2.10×10^{6}**
4	1.20×10^{7}	5.23×10^{5}
6	1.10×10^{7}	5.00×10^{4}
8	**4.20×10^{6}**	2.90×10^{3}

ตารางที่ 7.10 ปริมาณเชื้อในลูกแป้งยีสต์ และแบคทีเรีย แสดงให้เห็นว่าลูกแป้งยีสต์และลูกแป้งแบคทีเรียโดยใช้ส่วนผสมของสมุนไพรต่างๆ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เชื้อจะลดลงจาก 3.10×10^{8} เซลล์ต่อกรัม เหลือ 4.20×10^{6} เซลล์ต่อกรัม ในขณะที่ลูกแป้งแบคทีเรียมีแนวโน้มของปริมาณเชื้อลดลง มากกว่าลูกแป้งยีสต์

7.3.4 การประเมินคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของลูกแป้งยีสต์

7.3.4.1 การประเมินคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของลูกแป้งยีสต์

ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

1. ข้าวเจ้า 500 กรัม = 11.5 บาท
2. กระเทียม 8 กรัม = 0.16 บาท
3. ขิง 8 กรัม = 1.60 บาท
4. ข่า 4 กรัม = 0.80 บาท
5. ชะเอม 8 กรัม = 2.40 บาท
6. พริกไทย 1.2 กรัม = 0.24 บาท
7. ดีปลี 1.2 กรัม = 0.24 บาท

ในการเตรียมลูกแป้งยีสต์ 500 กรัม มีค่าใช้จ่าย 16.94 บาท หากผลิต 1 กิโลกรัมจะมีต้นทุนวัตถุดิบ เท่ากับ 33.88 บาท

หลักการคิดต้นทุนการผลิตที่อ้างอิงโดยกระทรวงอุตสาหกรรมศูนย์วิจัยกสิกร

ในการคิดต้นทุนการผลิตใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้า อ้างอิงจากกระทรวงอุตสาหกรรม ศูนย์วิจัยกสิกร ซึ่งแบ่งอัตราส่วนของการคำนวณต้นทุนเป็นดังนี้

ค่าวัตถุดิบ	68.6	ส่วน
ค่าแรง	5.6	ส่วน
ค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภค	12.1	ส่วน
ค่าเสื่อมราคา	4.5	ส่วน
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	9.2	ส่วน

ตารางที่ 7.11 ต้นทุนการผลิตลูกแป้งยีสต์โดยแบ่งต้นทุนเป็น 100 ส่วน

รายละเอียด	อัตราส่วน	ราคา (บาท)
ค่าวัตถุดิบ	68.60	33.88
ค่าแรง	5.60	2.76
ค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภค	12.10	5.93
ค่าเสื่อมราคา	4.50	2.21
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	9.20	4.51
รวม	100.0	49.29

7.3.4.2 การประเมินคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของลูกแป้งแบคทีเรีย

ราคาต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

1. ข้าวเจ้า 500 กรัม = 11.50 บาท
2. พริกไทยขาว 15 กรัม = 3.00 บาท
3. ดอกจันทร์ 15 กรัม = 15.00 บาท
4. ลูกจันทร์ 5 กรัม = 2.50 บาท
5. น้ำมะพร้าวแก่ = 3.00 บาท

ในการเตรียมลูกแป้งแบคทีเรีย 500 กรัม มีค่าใช้จ่าย 35 บาท เพราะฉะนั้น ลูกแป้ง 1 กิโลกรัม มีต้นทุนค่าวัตถุดิบ เท่ากับ 70 บาท

ตารางที่ 7.12 ต้นทุนการผลิตลูกแป้งแบคที่เรีย โดยแบ่งต้นทุนเป็น 100 ส่วน

รายละเอียด	อัตราส่วน	ราคา (บาท)
ค่าวัตถุดิบ	68.60	70.00
ค่าแรง	5.60	5.71
ค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภค	12.10	12.34
ค่าเสื่อมราคา	4.50	4.59
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	9.20	9.38
รวม	100.0	102.02

จากการคำนวณต้นทุนการผลิตลูกแป้งยีสต์ พบว่า ลูกแป้งยีสต์ 1 กิโลกรัม มีต้นทุนค่าวัตถุดิบ 33.88 บาท และต้นทุนการผลิตโดยรวม เท่ากับ 49.29 และลูกแป้งแบคทีเรีย 1

กิโลกรัม มีต้นทุนค่าวัตถุดิบ 70 บาท และต้นทุนการผลิตโดยรวม เท่ากับ 102.02 บาท (อ้างอิงการคิดจากกระทรวงอุตสาหกรรม ศูนย์วิจัยกสิกร)

8. สรุปผลการทดลอง

8.1 กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตไวน์จากน้ำเศษกล้วย พบว่าปริมาณเชื้อมีผลต่อการผลิตแอลกอฮอล์ ปริมาณเชื้อสูงในกระบวนการหมักจะให้เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงด้วย การเปลี่ยนแปลง pH ของไวน์ในระหว่างการหมัก พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาและปริมาณน้ำในการหมัก pH มีแนวโน้มลดลง ที่อัตราส่วนของกล้วยต่อน้ำน้อย ยีสต์ใช้น้ำตาลได้ดีกว่าอัตราส่วนกล้วยต่อน้ำมาก อัตราส่วนเนื้อกล้วยต่อน้ำ 1: 2 และปริมาณกล้าเชื้อ 15% ในการหมักไวน์กล้วยให้ปริมาณแอลกอฮอล์สุดสูง

8.2 กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติก พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์และค่าความหวานลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับปริมาณกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเพิ่มขึ้น และปริมาณกล้าเชื้อ A. aceti ที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติกคือ 10%

8.3 เทคโนโลยีการผลิตลูกแป้งยีสต์ พบว่าสูตรลูกแป้งยีสต์ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 500 กรัม กระเทียม 8 กรัม ขิง 8 กรัม ข่า 4 กรัม ชะเอม 8 กรัม พริกไทย 1.2 กรัม ดีปลี 1.2 กรัม และเซลล์แขวนลอยของเชื้อ S. cerevisiae 600 มิลลิลิตร ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 8 log cfu/ml มีกรรมวิธีการผลิต คือ นวดส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน บ่มอุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง ปั้นลูกแป้งเป็นลูกกลม ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง

8.4 เทคโนโลยีการผลิตลูกแป้งแบคทีเรีย พบว่าสูตรลูกแป้งแบคทีเรียประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 500 กรัม พริกไทยขาว 15 กรัม ดอกจันทร์ 15 กรัม ลูกจันทร์ 5 กรัม และกล้าเชื้อ A. aceti ในน้ำมะพร้าว 600 มิลลิลิตรที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 6 log cfu/ml และกรดโพรพิโอนิก 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีกรรมวิธีการผลิต คือ นวดส่วนผสมเข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นวดอีกครั้งและบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง ปั้นลูกแป้งเป็นลูกกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร อบลูกแป้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

8.5 การนำลูกแป้งที่ได้มาทำการหมัก พบว่าการใช้ลูกแป้งยีสต์ใช้ลูกแป้งยีสต์ 0.5% และใช้ลูกแป้งแบคทีเรียในการหมักโดยเติมลูกแป้ง 5% ในหัวเชื้อและใช้หัวเชื้อ 20% เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการผลิต

8.6 อายุในการเก็บรักษาลูกแป้ง พบว่าปริมาณเชื้อในลูกแป้งยีสต์เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 4.20×10^6 เซลล์ต่อกรัม ส่วนลูกแป้งแบคทีเรีย เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น เป็นเวลา 2 สัปดาห์ 2.10×10^6 เซลล์ต่อกรัม

8.7 ต้นทุนการผลิตลูกแป้งยีสต์ พบว่า ลูกแป้งยีสต์ 1 กิโลกรัม มีต้นทุนการผลิตโดยรวม เท่ากับ 49.29 และลูกแป้งแบคทีเรีย 1 กิโลกรัม มีต้นทุนการผลิตโดยรวม เท่ากับ 102.02 บาท

9. เอกสารอ้างอิง

เครือข่ายการจัดการองค์ความรู้. 2550. น้ำส้มสายชู. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม 2552. จาก.http://www.agro.cmu.ac.th

นภา โล่ทอง รสสุคนธ์ เหล่าไพบูลย์ และ บรรจงจิตร มหินทรเทพ. 2532. การผลิตลูกแป้งด้วยเชื้อบริสุทธิ์เพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อหมักน้ำส้มสายชู. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ.2552. จาก. http://bio.sci.ubu.ac.th

นันทนิตย์ คงวัน. 2541. การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากสับปะรดโดยใช้ระบบหมักแบบ Fixed Bed Reactor. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2552. จาก. http://www.rsu.ac.th

มาลัย บุญรัตนกรกิจ ฉกามาศ วงศ์ข้าหลวง สิริพร สธนเสาวภาคย์ วันชัย พันธ์ทวี ประมวล ทรายทอง และ นิศากร วรวุฒิยานันท์. การพัฒนาการผลิตน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากมะพร้าวน้ำหอมเพื่อสุขภาพ. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2552. จากhttp://www.research.ifrpd.ku.ac.th

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

สวรรยา เม้งเกร็ด จักรพงศ์ ประเสริฐแสง และ ปรัชญา วงษ์มา. 2551. การผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูจากละมุด. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง. ราชบุรี.

สิทธิสน บวรสมบัติ ดวงกมล เตจาคำ ดารุณี วังเสาร์ วรัลพัชร ปิ่นสุข และ โสมศิริ สมถวิล. 2550. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูจากมะเกี๋ยง. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

สิริพร แก้วสุริยะ. 2527. ศึกษาวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูจากสับปะรดโดยการหมักวิธีธรรมชาติ และใช้เครื่องหมัก.สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2552. จาก. http://www.lartc.rmutl.ac.th

อังคณา ชมพูมิ่ง ตะวัน ฉัตรสูงเนิน อมร ม่วงอู่ และจามจุรี ธิมะโน. 2550. การพัฒนากระบวนการผลิตลูกแป้งสุรา. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาเขตแพร่เฉลิมพระเกียรติ. จังหวัดแพร่.

10. Output **ที่ได้จากโครงการ**

นำผลงานไปใช้ประโยชน์ คือ

1. **ตีพิมพ์ในวารสารเกษตรนเรศวร**

ชื่อเรื่องที่ตีพิมพ์: การผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วย

ในวารสารเกษตรนเรศวร ปีที่ 13 ฉบับที่ 3 มกราคม-มิถุนายน 2555

2. **ถ่ายทอดเทคโนโลยี**

เรื่อง การผลิตน้ำส้มสายชูจากวัสดุเหลือทิ้งจากกล้วย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

10.1 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

เรื่อง การผลิตน้ำส้มสายชูจากวัสดุเหลือทิ้งจากกล้วย

1. หลักการและเหตุผล

จากยุทธศาสตร์การวิจัยเชิงพื้นที่ (Area-base Research) ทิศทางการพัฒนาจังหวัดพิษณุโลกอันดับหนึ่งของความต้องการด้านอุตสาหกรรมคือ อุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทาง ด้านการเกษตร ซึ่งการแปรรูปผลผลิตทางด้านการเกษตรนั้นมีการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิด หนึ่งในการผลผลิตทางด้านการเกษตรนั้นคือผลิตภัณฑ์จากกล้วยซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเสียงมากของประเทศ เช่น กล้วยตาก กล้วยกวน กล้วยอบ และกล้วยม้วน การผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าวก่อให้เกิดเศษกล้วยเหลือทิ้งที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ส่งกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงวัน และแพร่กระจายของเชื้อโรคเมื่อฝนตกและน้ำท่วม จากการสำรวจวัสดุเหลือทิ้งจากการทำผลิตภัณฑ์กล้วยดังกล่าวในอำเภอบางกระทุ่มและอำเภอบางระกำ พบว่ากลุ่มแม่บ้าน OTOP ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากกล้วยจะนำไปทิ้ง หรือนำไปเป็นอาหารเลี้ยงปลาและจากข้อมูลของสำนักงานพัฒนาที่ดินจังหวัดพิษณุโลก พบว่าอำเภอบางกระทุ่มและอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลกมีพื้นที่ในการปลูกกล้วยน้ำว้ามากกว่า 400,000 ไร่ มีผลิตผล 7,000 ตันต่อไร่ มีวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์จากกล้วย เช่น กล้วยตาก กล้วยกวน กล้วยฉาบ กล้วยอบกรอบ กล้วยม้วน และผลิตภัณฑ์กล้วยอื่นๆ ประมาณ 60-70 ตันต่อวัน ซึ่งจากกระบวนการแปรรูปกล้วยดังกล่าวก่อให้เกิดเศษกล้วย เหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก (2% ของวัตถุดิบ ประมาณ 1,200-1,400 กิโลกรัมต่อวัน) ทำให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อมดังกล่าวมาแล้วในเบื้องต้น เศษกล้วยสามารถนำมาผลิตเป็นอาหารที่มีมูลค่าเพิ่มได้มากกว่าใช้เป็นอาหารสัตว์ ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงได้นำเศษกล้วยที่เป็นปัญหาดังกล่าว มาผลิตเป็นน้ำส้มสายชูหมักโดยวิธีธรรมชาติ ถึงแม้ว่าได้มีผู้ผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วยมาบ้างแล้วก็ตาม แต่ไม่ได้นำมาถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มพื้นที่เป้าหมายที่เป็นปัญหาในจังหวัดพิษณุโลก ทั้งนี้เพื่อนำเศษกล้วยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากธรรมชาติ ทำให้เศษกล้วยที่เป็นปัญหาลดลง และเพิ่มมูลค่าของวัสดุเศษกล้วยเหลือทิ้ง

2. วัตถุประสงค์ เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตน้ำส้มสายชูจากเศษกล้วย ให้กับชุมชนกลุ่มเป้าหมาย
3. ระยะเวลา 1 วัน 21 เมษายน 2555
4. จำนวนผู้เข้าอบรม 30 คน
5. วันเวลาและสถานที่อบรม ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
6. กิจกรรมการฝึกอบรม

   การถ่ายทอดเทคโนโลยี 1 เรื่อง การผลิตน้ำส้มสายชูจากเศษกล้วย

08.45-09.00	ลงทะเบียน
09.00-09.10	พิธีเปิดการอบรม
09.10-12.00	บรรยาย เรื่องกรรมวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วย
12.00-13.00	พักรับประทานอาหาร
13.00-16.00	ปฏิบัติการ การผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วย
16.00-16.30	สรุปผลงาน และตอบข้อซักถาม

ภาคผนวก ภาพกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี

1. พิธีเปิดการอบรม

2. รับฟังการบรรยายการผลิตน้ำส้มสายชู

3. รับฟังการใช้เครื่องมือ ก่อนการปฏิบัติการผลิตน้ำส้มสายชู

4. กิจกรรมในระหว่างการผลิตน้ำส้มสายชู