รายงานการวิจัย

น้ำส้มสายชูหมักจากผลพลอยได้ของกระบวนการผลิตน้ำผักและผลไม้: กากแค อท

Fermented Vinegar from By Product of Fruit and Vegetable Juice Processing: Carrot Pomace

ชื่อผู้วิจัย 1. นายวราวุฒิ ครูส่ง

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้อนุมัติทุนวิจัยจากเงินรายได้ของคณะฯ พร้อมกันนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ น.ส.ธัญลักษณ์ สันวงศ์ และ น.ส. เบญญาภา เขียวฤทธิ์ ที่ช่วยเหลือในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TP
A29
ว3 25 ง6
สขหมู่.....
เลขทะเบียน...115251
วัน,เดือน,ปี...22 ก.ย. 2553

b.12266179
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ส่วนที่ 1 รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) น้ำส้มสายชูหมักจากผลพลอยได้ของกระบวนการผลิตน้ำผักและผลไม้: กากแครอท

(ภาษาอังกฤษ) Fermented Vinegar from By Product of Fruit and Vegetable Juice Processing: Carrot Pomace

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.

ประจำปี 2553 จำนวนเงิน 30,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2553

หน่วยงานและผู้ดำเนินการวิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขหมายโทรศัพท์

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นายวราวุฒิ ครูส่ง

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) MR.WARAWUT KRUSONG

ตำแหน่งทางวิชาการ รองศาสตราจารย์ สัดส่วนการวิจัย 100%

สาขาวิชา เทคโนโลยีการหมัก

คณะ อุตสาหกรรมเกษตร

โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 7278 โทรสาร 02-329-8527

E-mail kkwaranu@kmitl.ac.th

ส่วนที่ 2 บทคัดย่อ

การนำกากแครอทเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับหมักไวน์เพื่อใช้ผลิตน้ำส้มสายชูหมัก พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากไวน์กากแครอทด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* M30 เท่ากับ 10.1% ภายในระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30-32 องศาเซลเซียส ในถังหมักระบบหมุนวนน้ำหมัก แสดงว่ากากแครอทยังคงคุณค่าทางสารอาหารที่เหมาะต่อการเจริญของเซลล์ยีสต์ น้ำไวน์ที่ได้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักต่อไป

การปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้ม *Acetobacter aceti* WK เป็นเวลา 3 เดือน สามารถทำให้หัวเชื้อน้ำส้ม WK สามารถทนกรดได้สูงภายหลังจากการปรับสภาพเชื้อจำนวน 18 รอบ และเมื่อนำหัวเชื้อน้ำส้ม *A. aceti* WK มาทำการหมักน้ำส้มสายชูในถังหมัก "ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" ขนาด 50 ลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่า หัวเชื้อน้ำส้ม WK สามารถปรับสภาพเพื่อเริ่มต้นการหมักในรอบการหมักที่ 1 ภายใน 10 วัน ส่วนผลผลิตที่ได้จากการหมักในรอบการหมักที่ 2-9 ในระบบการหมักแบบ Semi – continuous ที่ใช้อัตราการเติมไวน์กากแครอทใหม่ 40% ในแต่ละรอบของการหมัก ได้ปริมาณกรดของน้ำส้มสายชูจากไวน์กากแครอทอยู่ระหว่าง 7.90-8.55% โดยมีอัตราการสร้างกรด (Acetification rate; ETA) อยู่ในช่วง 0.0179%/h ถึง 0.0421%/h ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนในไวน์และน้ำส้มสายชูกากแครอทจากบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ไม่พบเบต้าแคโรทีนในผลิตภัณฑ์ทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wine from carrot pomace was prepared as substrate for vinegar fermentation. Higher alcohol content, 10.1%v/v, in carrot pomace wine was produced by yeast, *Saccharomyces cerevisiae* M30, for 7 d at 30-32°C. Carrot pomace has been proved as a good source for wine fermentation.

After adaptation of *Acetobacter aceti* WK, an vinegar producing bacteria, for 3 months with 18 cycles of adaptation, the WK was suitable for vinegar production by using carrot pomace wine as substrate. When vinegar production was conducted in patent designed of 50L fermenter at 30°C for 84 days. The WK culture was well adapted in fermenting broth within 10 days. Subsequently, the 8 cycles of vinegar production were conducted by semi-continuous fermentation process. The 40% discharging / charging rate recommended by Krusong *et al.* (2007; 2010) was used for resulting in acid production among 7.90-8.55%. Based on calculation, the acetification rate (ETA) was 0.0179%/h to 0.0421%/h.

The β-carotent in both wine and vinegar by carrot pomace was analysed by third party laboratory. No β-carotent was found in both products. It may due to the complete extraction of carrot juice processing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อ	3
บทนำ	8
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	8
วิธีการทดลอง	10
ผลการทดลอง	12
การผลิตไวน์จากกากแครอท	12
การปรับสภาพ “หัวเชื้อน้ำส้ม WK” ให้เหมาะสมกับการหมักไวน์กากแครอท	13
การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์กากแครอทในถังหมัก “ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ” ขนาด 50 ลิตร	14
สรุปผลการทดลอง	19
บรรณานุกรม	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อัตราการสร้างกรด (acidification rate) ของ **“หัวเชื้อน้ำส้ม WK”** ในน้ำส้มสายชูจากไวน์กากแครอทที่หมักด้วยระบบ Semi-continuous fermentation ในถังหมัก“ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ” จำนวน 9 รอบของการหมัก	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผลของการหมักไวน์จากกากแครอทด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* M30 ที่อุณหภูมิห้อง : การเปลี่ยนแปลงของ (ก) น้ำตาลและแอลกอฮอล์; (ข) pH และค่าความเป็นกรด (acidity)	12
2	ลักษณะถังหมักที่ใช้ในการหมักไวน์กากแครอทด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* M30 : (ก) ขวดแก้วที่ใช้ในการทดลองความเป็นไปได้; (ข) ถังหมักระบบหมุนวนเซลล์	12
3	ตัวอย่างของไวน์กากแครอทบรรจุขวด (ภายหลังจากการกรอง)	13
4	ลักษณะของขั้นตอนการปรับสภาพ "หัวเชื้อน้ำส้ม WK" ให้มีความสามารถทนกรด	13
5	ประสิทธิภาพการทนกรดของ "หัวเชื้อน้ำส้ม WK" เมื่อทำการปรับสภาพจำนวน 18 รอบการหมัก เป็นเวลา 84 วัน โดยใช้ความเข้มข้นทั้งหมด (Total concentration) เท่ากับ 8	14
6	ลักษณะของถังหมัก "ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" ขนาด 50 ลิตร ที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์กากแครอท	14
7	แผนภาพแสดงลักษณะการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์กากแครอทด้วย "หัวเชื้อน้ำส้ม WK" ในลักษณะการหมักแบบ Semi – continuous Fermentation	15
8	ผลของการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์กากแครอทถังหมัก "ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" ขนาด 50 ลิตร ด้วย "หัวเชื้อน้ำส้ม WK" โดยใช้ระบบการหมักแบบ Semi-continuous fermentation จำนวนรอบการหมัก 9 รอบ เป็นระยะเวลา 54 วัน	15
9	ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์กากแครอท หรือ เรียกว่า "Carrot Pomace Vinegar"	17
10	ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนในไวน์กากแครอท (Carrot Poamce Wine)	17
11	ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนในน้ำส้มสายชูกากแครอท (Carrot Poamce Vinegar)	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
115251

บทนำ

สืบเนื่องจากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 เป็นต้นมา รวมถึงศึกษาการประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูหมักในด้านอาหารและเครื่องดื่ม ความปลอดภัยของอาหาร รวมถึงการพัฒนาความหลากหลายของน้ำส้มสายชูหมัก เช่น น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวโพด (corn cider vinegar) มะม่วง (mango cider vinegar) สับปะรด (pineapple cider vinegar) มะขาม (tamarind cider vinegar) ข้าวเกษตรอินทรีย์ (organic rice vinegar) และแอปเปิ้ล (apple cider vinegar) เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้เกิดการความหลากหลายของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักแก่ผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น จึงพิจารณาถึงวัตถุดิบชนิดใหม่ ๆ ที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก โดยวัตถุดิบที่น่าสนใจ คือ ผักและผลไม้ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงต้นทุนของการผลิตและการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมจึงมุ่งเน้นการนำวัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตผักและผลไม้เป็นสำคัญ

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้น พบว่า แครอทซึ่งเป็นแหล่งของเบต้า-แคโรทีน เป็นที่นิยมของผู้บริโภคในการนำมาคั้นเป็นน้ำแครอทกันอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามเมื่อแครอทถูกนำไปคั้นแล้วมักจะถูกทิ้งไปหรือบางครั้งอาจถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบของอาหารสัตว์ ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงความคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำกากแครอทจากกระบวนการผลิตน้ำแครอทมาเป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมักน้ำส้มสายชู

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

ประกอบด้วย

1. พัฒนาหัวเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มสายชูจากกากแครอท
2. พัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากกากแครอทโดยอาศัย"ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ"ที่พัฒนาขึ้นและอยู่ระหว่างการจดสิทธิบัตรในนามของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอบเขตของโครงการวิจัย

มุ่งเน้นการวิจัยถึงศักยภาพในการนำกากแครอทที่เป็นผลพลอยได้จากการคั้นน้ำแครอทมาใช้ในการผลิตไวน์ที่อาศัยกระบวนการหมักที่ได้พัฒนาขึ้นแล้ว จากนั้นจึงนำไวน์กากแครอทมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักเพื่อผลิตน้ำส้มสายชูหมักในสภาพการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องโดยอาศัย **"ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ"** ที่พัฒนาขึ้นและอยู่ระหว่างการจดสิทธิบัตรในนามของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อให้ได้น้ำส้มสายชูที่มีรสชาติเป็นเอกลักษณ์ของกากแครอท (carrot pomace vinegar)

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

กระบวนการหมักน้ำส้มสายชูอาศัยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* เพื่อเปลี่ยนแอลกอฮอล์ในไวน์ให้เป็นน้ำส้มสายชู หรือกรดอะซิติค (Acetic acid) ในสภาพที่มีอากาศ (Adams, 1998) โดยการผลิตในระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้ถังหมักที่มีการกวนอย่างต่อเนื่อง (Continuous Stirred Tank Reactor; CSTR) ในสภาพที่ให้อากาศ ที่เรียกว่า Frings Acetator ซึ่งเป็น Know-how ที่ต้องนำเข้าและยังจำเป็นต้องซื้อหัวเชื้อและหัวอาหารจากประเทศเยอรมัน อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้พัฒนาระบบการหมักซึ่งมีประสิทธิภาพการหมักที่ใกล้เคียงกับระบบ Frings Acetator โดยอาศัย "ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" โดยอยู่ระหว่างการจดสิทธิบัตรในนามของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (วราวุฒิ ครูส่ง และคณะ, 2553)

น้ำส้มสายชูได้มีการผลิตและการศึกษากันเป็นระยะเวลายาวนาน ทำให้สามารถที่จะสรุปการค้นคว้าวิจัยและพัฒนา ทางด้านการผลิตน้ำส้มสายชูออกเป็น ๓ กลุ่ม ได้แก่ การคัดเลือกเชื้อ *Acetobacter aceti* ที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มสายชูใน สภาพการหมักที่ใช้ วัตถุดิบที่เหมาะสม และการพัฒนากระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากประสบการณ์ของผู้วิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 จนถึงปัจจุบัน พบว่า วัตถุดิบที่มีราคาถูกเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก ขณะเดียวกันวัตถุดิบดังกล่าวควรมีคุณค่าทางโภชนาการและสามารถนำมาใช้ในการหมักไวน์ซึ่งเป็นวัตถุดิบเบื้องต้นได้ดีด้วย จากเหตุผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าวัตถุดิบที่น่าสนใจ คือ วัตถุดิบจากกระบวนการผลิตน้ำผักและผลไม้ เช่น กล้วยสุก (Surash and Ethiraj, 1991) มะม่วง (Gard *et al.*, 1995; วราวุฒิ ครูส่ง, 2550) น้ำมะพร้าวแก่ (Krishnankutty, 1995) น้ำหางนม (Tuckett *et al.*, 1996) หัวหัวหอมสายพันธุ์ญี่ปุ่น (Horiuchi *et al.*, 1999) อ้อย (วราวุฒิ ครูส่ง, 2545) และข้าวโพด (Krusong *et al.*, 2007; 2010) นอกจากนี้แล้วยังมีการนำผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปมาใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักด้วย ดังเช่น เศษเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปมะม่วง (Ethiraj and Surash, 1992) และน้ำลวกข้าวโพดฝักอ่อนจากกระบวนการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุในภาชนะปิดสนิท (วราวุฒิ ครูส่ง, 2547; 2551; 2552; วราวุฒิ ครูส่ง และคณะ, 2550) ทั้งนี้ในการศึกษานี้จึงนำกากแครอท (carrot pomace) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสกัดหรือคั้นน้ำแครอท เนื่องจากกากแครอทยังมีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น แคโรทีน กรดยูโรนิก (uronic acid) และน้ำตาล (Schieber *et al.*, 2001) รวมถึง Bioactive compounds ซึ่งมีคุณสมบัติต่อต้านอนุมูลอิสระ (Zhang *et al.*, 2004) ใยอาหารส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble fiber-rich fraction) (Chau *et al.*, 2004) อีกทั้งคุณสมบัติด้าน *in vitro* hypoglycemic, *in vivo* hypolipidemic และ *in vivo* hypocholesterolemic (Hsu *et al.*, 2006) อีกด้วย นอกจากนี้แล้ว Krusong and Vichitraka (2009) รายงานการนำกากแครอทมาผลิตไวน์แครอท (carrot pomace wine) ซึ่งพบว่า กากแครอท สามารถสนับสนุนให้เชื้อยีสต์สามารถเจริญและหมักไวน์ได้เป็นอย่างดี โดยได้แอลกอฮอล์ประมาณ 84-96 กรัม/ลิตร

ในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการนำกากแครอทที่มีศักยภาพในการหมักไวน์มาใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก โดยครอบคลุมการพัฒนาหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมัก *Acetobacter aceti* WK ให้เหมาะสมกับไวน์กากแครอท และการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากแครอทในถังหมัก**"ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ"** ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น (และอยู่ระหว่างการจดสิทธิบัตรในนามของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

เชื้อจุลินทรีย์

เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* M30

เชื้อยีสต์ที่ใช้ในการหมักไวน์ คือ เชื้อยีสต์ *Saccharomyce cerevisiae* M30 ซึ่งต่อไปในรายงานจะเรียกว่า **"เชื้อยีสต์ M30"** เป็นเชื้อยีสต์ในกลุ่มเชื้อยีสต์ตกตะกอน (Flocculate yeast) ซึ่งได้รับอนุเคราะห์จาก ดร.จรูญ คำนวนตา อดีตผู้อำนวยการ สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม และ ศ.ดร. สาวิตรี ลิ่มทอง ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการเตรียมหัวเชื้อยีสต์ทำโดยการเขี่ย**"เชื้อยีสต์ M30"** ที่เลี้ยงในอาหาร MY agar slant นาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ลงในอาหารเหลว MY 100 มล. นำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 rpm นาน 24 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการหมักไวน์ต่อไป

แบคทีเรีย *Acetobacter aceti* WK

หัวเชื้อที่ใช้ คือ *A. aceti* WK (ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"**) เป็นหัวเชื้อน้ำส้มสายชูที่คัดเลือกและปรับปรุงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 - ปัจจุบัน ที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการหมัก คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การผลิตไวน์จากกากแครอท

ทำการหมักไวน์กากแครอทโดยใช้กากแครอทในปริมาณ ๕% (Krusong and Vichitraka, 2009) ปรับสภาพความหวานในน้ำหมักเท่ากับ 20% pH เท่ากับ 5.5 และเติมแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.05% และแมกนีเซียมซัลเฟต 0.2% (ดัดแปลงจาก Kumnuanta and Vongsuvanlert, 1982) จากนั้นนำไปผ่านการฆ่าเชื้อด้วย KMS ความเข้มข้น 200 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปหมักด้วย**"เชื้อยีสต์ M30"** เป็นเวลา 5-7 วัน ที่อุณหภูมิ 30-32 องศาเซลเซียส

เมื่อการหมักสิ้นสุดให้นำน้ำไวน์ที่ได้ไปผ่านขั้นตอนการพาสเจอไรส์ก่อนที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักน้ำส้มสายชูต่อไป

การปรับสภาพ "หัวเชื้อน้ำส้ม WK" ให้เหมาะสมกับการหมักไวน์กากแครอท

นำสารละลายไวน์กากแครอทที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ 3.5% มาปรับสภาพด้วยการเติมน้ำส้มสายชูในปริมาณกรดอะซิติก 4.5% ก่อนที่นำไปเลี้ยง **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7-15 วัน ก่อนที่จะนำ**"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ไปถ่ายต่อเนื่องกันเป็นเวลา 3 เดือน

การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์กากแครอท

ทำการปรับสภาพน้ำไวน์กากแครอทด้วยน้ำส้มสายชูหมักให้มีความเข้มข้นของกรดอะซิติด 4.5% ปริมาณแอลกอฮอล์ 3.5% และเติมยีสต์สกัด 0.5% (วราวุฒิ ครูส่ง, Unpublished data) ก่อนที่จะถ่าย **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ที่ผ่านการปรับสภาพให้เหมาะสมกับไวน์กากแครอทแล้ว ทำการหมักในถังหมัก"ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" ขนาด 50 ลิตร ทำการหมักแบบ Semi-continuous fermentation ตามวิธีการของ Krusong *et al.* (2007) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยเครื่อง Ebulliometer พร้อมทั้งวัดค่าความเป็นกรด(ในรูปของกรดอะซิติก) ด้วยการไตเตรชั่นตามวิธีการของ AOAC (1995) ตลอดระยะเวลาการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ปริมาณเบต้า-แคโรทีนในผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากกากแครอท (Carrot pomace vinegar)

จัดส่งตัวอย่างน้ำไวน์และน้ำส้มสายชูจากกากแครอทเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเบต้า-แคโรทีนไปยัง บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

การวิเคราะห์ทางสถิติ

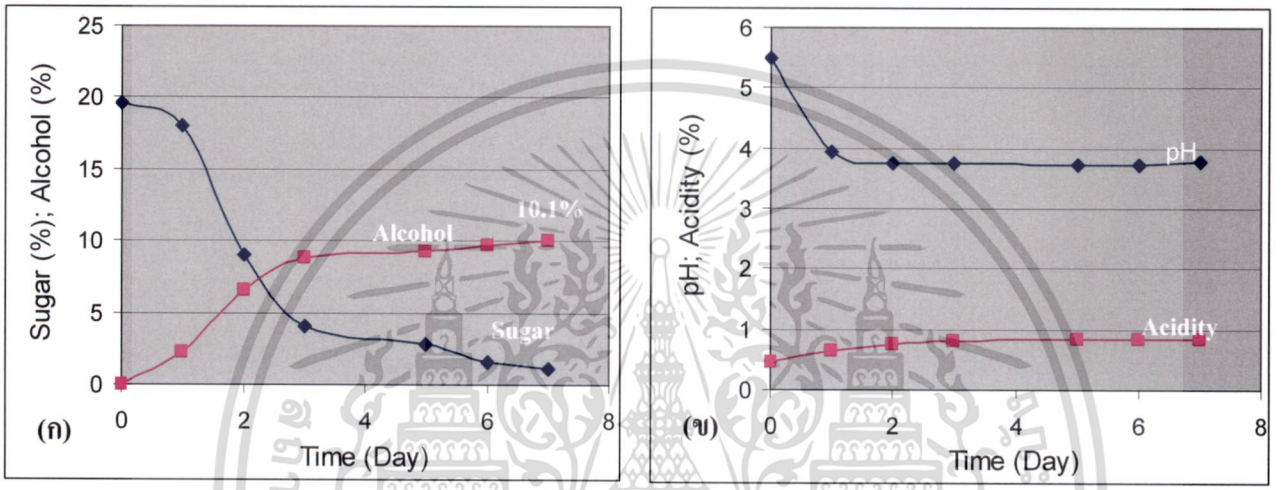
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยวิธีวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS (Statistical Package for Social Science)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

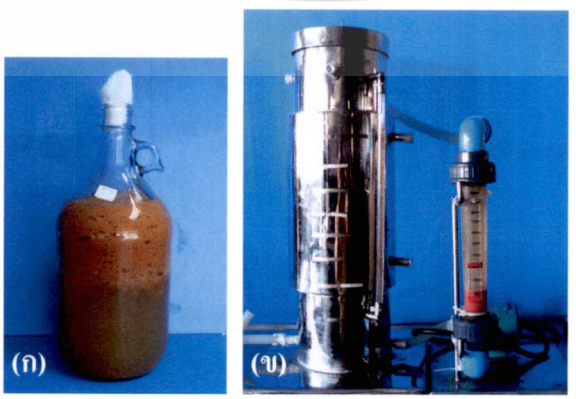
การผลิตไวน์จากกากแครอท

ในการหมักไวน์จากกากแครอทตามวิธีของ Krusong and Vichitraka (2009) ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 1 พบว่า กากแครอทเป็นสารอาหารที่ดีต่อการหมักของยีสต์ *S. cerevisiae* M30 (“**เชื้อยีสต์ M30**”) “**เชื้อยีสต์ M30**” สามารถทำการหมักได้อย่างรวดเร็วโดยสามารถผลิตไวน์ที่มีแอลกอฮอล์ 10.1% ภายใน 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส) ในขณะที่มีการปนเปื้อนจากแบคทีเรียที่น้อยมากสังเกตได้จากค่า pH ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการหมักของยีสต์ (pH ประมาณ 3.7) โดยมีค่าความเป็นกรด (Acidity) ประมาณ 0.8%



ภาพที่ 1 ผลของการหมักไวน์จากกากแครอทด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* M30 ที่อุณหภูมิห้อง : การเปลี่ยนแปลงของ (ก) น้ำตาลและแอลกอฮอล์; (ข) pH และค่าความเป็นกรด (acidity)

อนึ่งสำหรับลักษณะของการหมักไวน์จากกากแครอทนั้น ในเบื้องต้นทำการหมักในขวดแก้วขนาด 2 ลิตร (ภาพที่ 2ก; ไม่ได้แสดงผลการทดลอง) ส่วนภาพที่ 2ข เป็นลักษณะของถังหมักที่ใช้ในการหมักไวน์กากแครอท (ตามผลที่แสดงในภาพที่ 1) ซึ่งเป็นระบบการหมักแบบหมุนวนเซลล์ (Cell recycle fermentation system) เนื่องจาก“**เชื้อยีสต์ M30**” เป็นเชื้อยีสต์ตกตะกอน การหมุนวนเซลล์ยีสต์ที่ตกตะกอนจะช่วยทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแอลกอฮอล์ในน้ำไวน์สูงขึ้น



ภาพที่ 2 ลักษณะถังหมักที่ใช้ในการหมักไวน์กากแครอทด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* M30 : (ก) ขวดแก้วที่ใช้ในการทดลองความเป็นไปได้; (ข) ถังหมักระบบหมุนวนเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับไวน์กากแครอทที่ผ่านการกรองก่อนที่จะนำไปใช้งานได้บรรจุไว้ในขวดเพื่อนำไว้เปรียบเทียบกับน้ำส้มสายชูจากไวน์กากแครอทดังแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3 ตัวอย่างของไวน์กากแครอทบรรจุขวด (ภายหลังจากการกรอง)

การปรับสภาพ "หัวเชื้อน้ำส้ม WK" ให้เหมาะสมกับการหมักไวน์กากแครอท

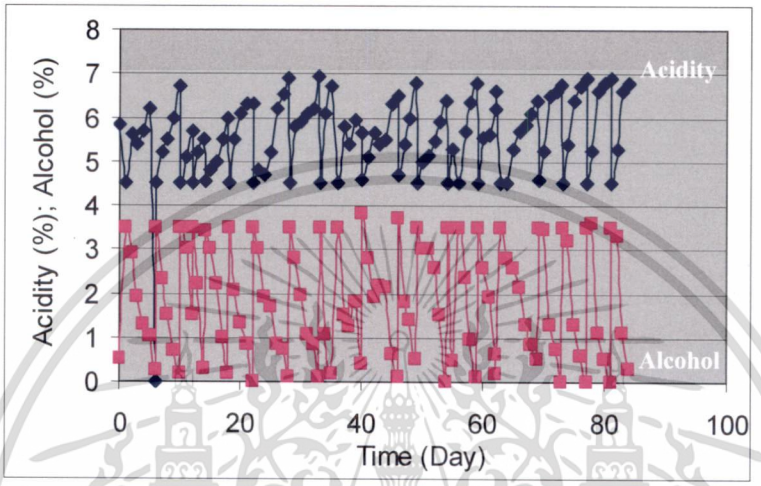
จากเดิมได้วางแผนการทดลองโดยจะนำสารละลายไวน์กากแครอทที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ 8% มาปรับสภาพด้วยการเติมน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 1% ก่อนที่นำไปเลี้ยง**"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** (สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกและเลี้ยงไว้ในอาหาร GYP Broth) โดยนำสารละลายเชื้อไปถ่ายต่อเนื่องกันเป็นเวลา 3 เดือน แต่เนื่องจากได้ดำเนินการพัฒนาการปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้ม พบว่า การปรับสภาพหัวเชื้อ ควรปรับให้หัวเชื้ออยู่ในสภาพทนกรดและสภาพทนแอลกอฮอล์ ดังนั้นการปรับสภาพ **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** จึงได้ดำเนินการทดลองเป็นการปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้มสายชูให้ทนสภาพกรดและสามารถหมักไวน์แครอทได้

ในการปรับสภาพ "หัวเชื้อน้ำส้ม WK" ให้ทนสภาพกรดนั้น ได้นำไวน์กากแครอทมาปรับปริมาณแอลกอฮอล์ 3.5% และปรับปริมาณกรดเริ่มต้น 4.5% **ซึ่งเรียกว่า "การปรับความเข้มข้นทั้งหมด (Total concentration; TC) เท่ากับ 8"** จากนั้นจึงทำการถ่าย **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ซึ่งเก็บรักษาอยู่ใน Stock culture ของห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการหมัก ทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด (Acidity) และปริมาณแอลกอฮอล์ทุกวัน เมื่อปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักลดลงเหลือเท่ากับหรือต่ำกว่า 0.5% จึงทำการเพิ่มปรับสภาพน้ำหมักให้กลับมามีค่า TC เท่ากับ 8 ดำเนินการปรับสภาพติดต่อกันประมาณ 3 เดือน ก่อนที่จะเก็บเชื้อไปใช้ในการปรับสภาพมาทำการหมักเพื่อผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์กากแครอทต่อไป ลักษณะของขั้นตอนการปรับสภาพ **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** นี้แสดงในภาพที่ 4

ภาพที่ 4 ลักษณะของขั้นตอนการปรับสภาพ "หัวเชื้อน้ำส้ม WK" ให้มีความสามารถทนกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการปรับสภาพ **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK" ให้ทนสภาพกรด** แสดงอยู่ในภาพที่ 5 พบว่า ในช่วงเริ่มต้น (รอบการหมักที่ 1; Cycle 1) **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ต้องใช้เวลาในการปรับสภาพเพียง 6 วัน ซึ่งแสดงว่า **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK" สามารถปรับตัวให้เข้ากับไวน์กากแครอทได้เป็นอย่างดี หรือ อาจจะกล่าวอีกนัยถึงได้ว่าไวน์กากแครอทมีสารอาหารที่เหมาะสมต่อการปรับตัวของ "หัวเชื้อน้ำส้ม WK" นั่นเอง** นอกจากนี้แล้วในการปรับ **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ใน ระหว่างรอบการหมักที่ 2-18 ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด เท่ากับ 3 วัน นานที่สุดอยู่ที่ 6 วัน โดยที่ปริมาณกรดที่ **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** สร้างขึ้นอยู่ระหว่าง 5.5-6.8% **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** จากรอบการหมักที่ 18 นำไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์กากแครอทต่อไป



ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพการทนกรดของ **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** เมื่อทำการปรับสภาพจำนวน 18 รอบการหมัก เป็นเวลา 84 วัน โดยใช้ความเข้มข้นทั้งหมด (Total concentration) เท่ากับ 8

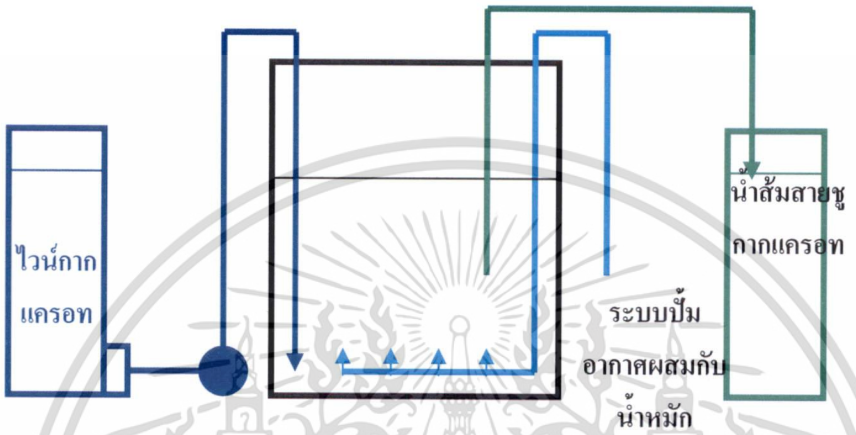
การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์แครอทในถังหมัก "ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" ขนาด 50 ลิตร

ถังหมัก"ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" ขนาด 50 ลิตร ที่ใช้ในการศึกษาแสดงอยู่ในภาพที่ 6 ซึ่งเป็นหนึ่งในถังหมักต้นแบบที่ผู้วิจัยได้พัฒนาและยื่นจดสิทธิบัตรในนามของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อวันที่ 13 ตุลาคม 2551

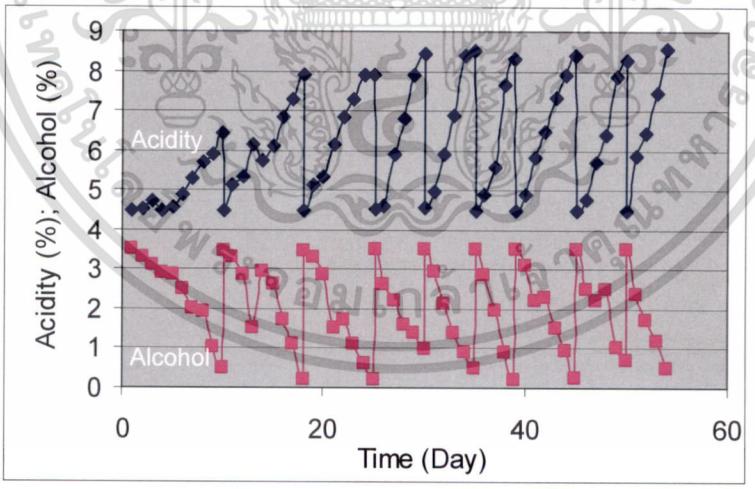
ภาพที่ 6 ลักษณะของถังหมัก "ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" ขนาด 50 ลิตร ที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์กากแครอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์กากแครอทต้องทำการเตรียมการหมัก 20 ลิตร ประกอบด้วย ไวน์กากแครอทที่ปรับแอลกอฮอล์เท่ากับ 3.5% ปริมาณกรด 4.5% เติมยีสต์สกัด 0.5% แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.05% และ $MgSO_4.7H_2O$ 0.02% ถ่าย**"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** เท่ากับ 5% ทำการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำการหมักในลักษณะ **Semi-continuous Fermentation** โดย Cycle แรกเริ่มต้นจากขั้นตอนการถ่าย **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ลงในน้ำหมักจากไวน์แครอท เมื่อปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักลดลงถึงประมาณ 0.5% ให้ดึงน้ำหมักออกมา 40% (ตามวิธีการของ Krusong *et al.*, 2007; 2010) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมัก จากนั้นจึงเติมน้ำไวน์กากแครอทใหม่ที่ปรับสภาพแล้วเข้าไปในปริมาณเท่ากัน ลักษณะการหมักแบบ Semi-continuous แสดงในภาพที่ 7 ส่วนผลการหมักแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 7 แผนภาพแสดงลักษณะการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์กากแครอทด้วย **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ในลักษณะการหมักแบบ Semi – continuous Fermentation



ภาพที่ 8 ผลของการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์กากแครอทถังหมัก "ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" ขนาด 50 ลิตร ด้วย **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** โดยใช้ระบบการหมักแบบ Semi-continuous fermentation จำนวนรอบการหมัก 9 รอบ เป็นระยะเวลา 54 วัน

ในการเริ่มต้นระบบการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์กากแครอทด้วย **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ในรอบการหมักที่ 1 (Cycle 1) เป็นช่วงเวลาของการปรับตัวของ **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ให้เข้ากับสภาพการหมักในถังหมัก "ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" ขนาด 50 ลิตรที่ใช้ ช่วงนี้จะทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอลกอฮอล์จนกระทั่งลดลงถึงประมาณ 0.5% ซึ่งแสดงว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"หัวเชื้อน้ำส้ม WK" สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพการหมักในถังหมักได้อย่างสมบูรณ์แล้ว จึงทำการหมักในรอบการหมักที่ 2 โดยเริ่มต้นด้วยการเติมให้ไวน์กากแครอทใหม่เข้าไปในถังหมักจนถึงระดับที่กำหนดไว้ในการหมักซึ่งถือเป็นการเริ่มต้นการผลิตน้ำส้มสายชูหมักในระบบ Semi-continuous fermentation

ในรอบการหมักที่ 1 พบว่า **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ใช้เวลาในการปรับตัวเท่ากับ 10 วัน (ดังแสดงในภาพที่ 8) ซึ่งจัดได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ เนื่องจากธรรมชาติของแบคทีเรียอะซิติกจะใช้เวลาในการปรับสภาพในสภาพแวดล้อมใหม่อยู่ในช่วง 7-15 วัน (Fregapane *et al.*, 2001; de Ory *et al.*, 2004) ในช่วงของการผลิตน้ำส้มสายชูหมักในรอบการหมักที่ 2-9 (ดังแสดงในภาพที่ 8) พบว่า **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ได้พัฒนาการผลิตโดยสามารถผลิตกรดได้อยู่ระหว่าง 7.9% ถึง 8.55% โดยที่ระยะเวลาตั้งแต่รอบการหมักที่ 4 ลดลงอยู่ในช่วง 4 ถึง 6 วัน โดยมี**อัตราการสร้างกรด (acidification rate; ETA)** อยู่ในช่วง **0.0179%/h ถึง 0.0421 %/h** (ตารางที่ 1) ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าที่ **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ผลิตได้ใน corn vinegar ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0028%/h ถึง 0.0067%/h (Krusong *et al.*, 2010) ส่วนผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์กากแครอท หรือ เรียกว่า **"Carrot Pomace Vinegar"** แสดงอยู่ในภาพที่ 9

ตารางที่ 1 อัตราการสร้างกรด (acidification rate) ของ **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ในน้ำส้มสายชูจากไวน์กากแครอทที่หมักด้วยระบบ Semi-continuous fermentation ในถังหมัก"ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" จำนวน 9 รอบของการหมัก

รอบการหมัก	ปริมาณกรดเมื่อการหมักเริ่มต้น (%)	ปริมาณกรดเมื่อการหมักสิ้นสุด (%)	ระยะเวลาในการสร้างกรด (วัน)	Acidification rate (ETA)**	
				%/d	%/h
1*	4.50	6.44	10	0.194	0.0081
2	4.46	7.90	8	0.430	0.0179
3	4.46	7.89	7	0.490	0.0204
4	4.52	8.41	5	0.778	0.0324
5	4.55	8.51	5	0.792	0.0330
6	4.50	8.32	4	0.955	0.0398
7	4.50	8.37	6	0.645	0.0269
8	4.50	8.27	5	0.754	0.0314
9	4.50	8.55	4	1.010	0.0421

* รอบการหมักที่ 1 เป็นระยะเวลาที่ **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ใช้ในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพการหมัก

** Acidification rate (ETA) คำนวณจากปริมาณกรดที่สร้างขึ้นในรอบการหมักหารด้วยระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างกรดในแต่ละรอบการหมัก

นอกจากที่ได้รับผลิตภัณฑ์ **"Carrot Pomace Vinegar"** แล้ว ผู้วิจัยได้ส่งตัวอย่างของไวน์กากแครอท (Carrot Pomace Wine) และ "Carrot Pomace Vinegar" เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเบต้า แคโรทีน ที่บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ผลการวิเคราะห์ที่แสดงในภาพที่ 10 และ 11 พบว่า ทั้งไวน์กากแครอทและ "Carrot Pomace Vinegar" ไม่สามารถตรวจพบ เบต้า แคโรทีน ทั้งนี้อาจเนื่องจากว่า เบต้า แคโรทีน ได้ถูกสกัดออกไปเป็นส่วนใหญ่ในระหว่างขั้นตอนการเตรียมน้ำแครอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์กากแครอท หรือ เรียกว่า “Carrot Pomace Vinegar”

Central Lab

วันที่ออก : 09 เมษายน 2553
เอกสารรายงาน :TR 53/09188
หน้า : 1 / 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	[illegible]
รายละเอียดตัวอย่าง	ไวน์แครอท
รหัสตัวอย่าง	53/05382-001
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : ไวน์แครอท ภาชนะบรรจุ : ขวดแก้ว, ฝาพลาสติก, จำนวน : 1 ขวด, น้ำหนัก/ปริมาตร : 200 มิลลิลิตร อุณหภูมิ : อุณหภูมิห้อง, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	31 มีนาคม 2553
วันที่ทดสอบ	09 เมษายน 2553 - 09 เมษายน 2553

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Vitamin A- Beta carotene	Not Detected	µg/100g	-	In house method based on Journal of AOAC International Vol. 80, No. 5 (1997)

([illegible])
ผู้อำนวยการฝ่ายบริการวิชาการ

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาบางส่วน โดยไม่ได้รับความเห็นชอบเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ และไม่ทั้งฉบับ
FM-QP-24-01-000-R02(13/08/51)P1/1

ภาพที่ 10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนในไวน์กากแครอท (Carrot Pomace Wine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัท เซ็นทรัลแล็บ (ประเทศไทย) จำกัด
Central Laboratory (Thailand) Co., Ltd.

Central Lab

วันที่ออก : 09 เมษายน 2553
เลขที่รายงาน (TR 53/09189
หน้า : 1 / 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
รายละเอียดตัวอย่าง	น้ำส้มสายชูแครอท
รหัสตัวอย่าง	53/05382-002
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : น้ำส้มสายชูแครอท การบรรจุ : ขวดแก้ว ฝาโลหะ, จำนวน : 2 ขวด, น้ำหนักปริมาตร : 310 มิลลิลิตร/ขวด อุณหภูมิ : อุณหภูมิห้อง, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	31 มีนาคม 2553
วันที่ทดสอบ	01 เมษายน 2553 - 09 เมษายน 2553

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Vitamin A- Beta carotene	Not Detected	µg/100g	-	In house method based on Journal of AOAC International Vol. 80, No. 5 (1997)

โดย
(นางสาวนิตยา นิมิชอ)
ผู้จัดการอาวุโสห้องปฏิบัติการ
(ด้านอาหาร)

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบนี้ไม่อนุญาตให้ทำสำเนาเพื่อนำไปใช้ส่วนใดส่วนหนึ่งนอกเสียจากจะได้รับอนุญาตจากห้องปฏิบัติการเป็นลายลักษณ์อักษรก่อนวันที่กำหนดนั้น
FM-QP-24-01-001-R02(21/08/51)EN/1

ภาพที่ 11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนในน้ำส้มสายชูกากแครอท (Carrot Pomace Vinegar)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

- กากแครอทมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการหมักไวน์เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก
- ในการหมักไวน์จากกากแครอทด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* M30 ในถังหมักแบบหมุนวนเซลล์ (Cell Recycle fermenter) พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้เท่ากับ 10.1% เมื่อทำการหมักเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30-32 องศาเซลเซียส น้ำไวน์กากแครอทที่ได้มีสีชาภายหลังจากการกรองและมีกลิ่นของแครอท
- การปรับสภาพ**"หัวเชื้อน้ำส้ม *Acetobacter aceti* WK"** ในระยะเวลา 3 เดือน สามารถทำให้ **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** สามารถทนกรดได้สูงโดยอาศัยการปรับสภาพ **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ในสารอาหารที่มีปริมาณกรด 4.5% และปริมาณแอลกอฮอล์ 3.5% หรือที่เรียกว่าปริมาณความเข้มข้นทั้งหมด (Total concentration; TC) เท่ากับ 8 ทำการปรับสภาพ **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** จำนวน 18 รอบ (เป็นเวลา 84 วัน) โดยระยะเวลาในการผลิตกรดที่ต้องการอยู่ที่ 3-6 วัน
- การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์กากแครอทด้วย **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** ในถังหมัก "ระบบการหมักผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" ขนาด 50 ลิตร โดยอาศัยระบบการหมักแบบ Semi-continuous ทำการหมัก 9 รอบ โดยใช้อัตราการเติมไวน์แครอทใหม่ 40% ในแต่ละรอบของการหมัก **"หัวเชื้อน้ำส้ม WK"** สามารถผลิตกรดได้ดีโดยมีค่าประมาณ 7.90-8.55% มีอัตราการสร้างกรด (acidification rate; ETA) อยู่ในช่วง **0.0179%/h ถึง 0.0421 %/h**
- ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนของไวน์และน้ำส้มสายชูจากกากแครอทที่บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด พบว่า ทั้งไวน์และน้ำส้มสายชูกากแครอทไม่สามารถตรวจพบเบต้าแคโรทีน ทั้งนี้อาจเนื่องจากเบต้าแคโรทีนถูกสกัดออกไปในขั้นตอนการเตรียมน้ำแครอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

วราวุฒิ ครูส่ง. 2545. การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำอ้อย. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายอุตสาหกรรม ปี 2544-2545. 113 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2547. การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มข้าวโพดฝักอ่อน. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนวิจัยบริษัท แอกโกร - ออน (ประเทศไทย) จำกัด ปี พ.ศ. 2546-47. 30 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2550. น้ำส้มสายชูจากเปลือกและเนื้อมะม่วงเพื่อเอกลักษณ์ไทย. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 32 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา และอัสนี วิจิตระกะ. 2550. การพัฒนาหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมักเพื่อรองรับเทคโนโลยีผลิตน้ำส้มสายชูจากต่างชาติ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนวิจัยโครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ปี พ.ศ. 2548-50. 53 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2551. การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักในถังหมัก High Speed Agitation ขนาด 600 ลิตร. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนวิจัยโครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ปี พ.ศ. 2550-51. 23 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2552. การเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างกรดในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักในถังหมักขนาด 600 ลิตร. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนวิจัยโครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ปี พ.ศ. 2551-52. 16 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง พนิต เพ็ชรน่วม และประภาส ปิ่นวิเศษ. 2553. เส้นทางวิจัยกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก : การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อทดแทนการนำเข้า...สู่การยอมรับของภาคเอกชนไทย. บทความทัศนวิสัย. วารสารวิจัยและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมไทย. 1(1): 13-20.

Adams, M.R. 1998. Vinegar. In. J.B. Wood (Ed.). Microbiology of Fermented Food. (pp. 1 – 44). Blackie Academic and Professional. London.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th ed. Association of Analysis Chemistry. Virginia.

Chau, C. F., Chen, C. H. and Lee, M. H. 2004. Comparison of the characteristics, functional properties, and in vitro hypoglycemic effects of various carrot insoluble fibre-rich fractions. *Lebensmittel-Wissenschaftund-Technologie.* 37: 155–160.

de Ory, I., Romero, L.E. and Cantero, D. 2004. Operation in semi-continuous with a closed pilot plant scale acetifier for vinegar production, J Food Eng, 63: 39 – 45.

Ethiraj, S. and Surash, E.R. 1992. Studies on the mango processing wastes for production of vinegar. *J. Food Sci.Tech.Mysore.* 29 (1) : 48-50.

Fregapane, G., Rubio-Fernandez, H. and Salvador, M.D. 2001. Influence of fermentation temperature on semi-continuous acetification for wine vinegar production, Eur Food Res Tech. 213: 61-66.

Gard, N., Tandon, D.K., Kalra, S.K. and Garg, N. 1995. Production of mango vinegar by immobilized cells of *Acetobacter aceti.* J. Food Sci.Tech.Mysore. 32: 216-218.

Horiuchi, J., Kanno, T. and Kobayashi, M. 1999. New vinegar production from onions. *J.Biosci.Bioeng.* 88: 107-109.

Hsu, P. K., Chien, P. J., Chen, C. H. and Chau, C. F. 2006. Carrot insoluble fibre-rich fraction lowers lipid and cholesterol absorption in hamsters. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie.* 39: 338–343.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Krishnankutty, S. 1995. Products from matured coconut water. Indian Coconut J. 26: 12-13.

Krusong, W., Vichitraka, A. and Pornpakdeewattana, S. 2007. Luffa sponge as supporting material of *Acetobacter aceti* WK for corn vinegar production in semi – continuous process. *KMITL Sci. J.* 7: 63 - 68.

Krusong, W. and Vichitraka, A. 2009. Repeated batch fermentation of carrot pomace wine using a flocculating yeast immobilized on loofa Sponge (*Luffa cylindrica*). The 21th Annual Meeting and International Conference of Thai Society for Biotechnology TSB 2009: "Biotechnology: A Solution to the Global Economic Crisis?". P-MF12, pp. 684-691.

Krusong, W., Petch-nom, P. and Pinviset, P. 2010. Semi-continuous production process of corn vinegar in stirred tank reactor using fixation of *Acetobacter aceti* WK on surface of loofa sponge. Kasetsart J.: Natural Sci. 44(3): 454-461.

Kumnuanta, J. and Vongsuvanlert, V. 1982. Ethanol fermentation by flocculating yeast at high temperature. *Proceedings Fifth Inter. Alc. Fuel. Technol. Symposium.* Vol.1, Auckland, New Zealand. P.1-205-1-215.

Schieber, A., Stintzing F.C. and Carle, R. 2001. By-products of plant food processing as a source of functional compounds-recent developments, *Trends in Food Science and Technology.* 12: 401–413.

Surash, E.R. and Ethiraj, S. 1991. Utilization of overripe bananas for vinegar production. *Tropical Sci.* 31: 317-320.

Tuckett, H.M., Nichol, A.W. and Harden, T.J. 1996. Production of pickling vinegar from acid whey. Australian J. Dairy Tech. 51 (1) : 53-57.

Zhang, D. and Hamauzu, Y. 2004. Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots. *Food Agriculture and Environment.* 2: 95-100.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้