คุณภาพน้ำหมักชีวภาพ และองค์ประกอบ

Bio-Fermented Juice Quality and Components

ชวนพิศ อรุณรังสิกุล[1] ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล[2] รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล[2] ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์[3]

Chuanpis Aroonrungsikul[1] Chainarong Rattanakritakul[2] Roongnapa Korpraditskul[2] Teeranud Romphopak[3]

บทคัดย่อ

องค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และชีวเคมี ในน้ำหมักชีวภาพโดยใช้เศษวัสดุ 3 ชนิด คือ หัวปลานิล พุง และเกล็ดปลานิล และเศษผักผลไม้หลายชนิด เปรียบเทียบการหมักด้วยการเติมหัวเชื้อสับปะรด และหัวเชื้อจากแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *Lactobacillus plantarum* และ *L. caseii* ในปริมาณเท่าๆ กัน พบว่าองค์ประกอบต่างๆ ระหว่างการหมักที่ระยะเวลา 30 45 60 และ 90 วัน มีความแปรปรวน คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สีของน้ำหมักส่วนใหญ่เป็นสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ มีค่า pH และค่า EC ที่สูงขึ้น คุณสมบัติทางเคมีนั้นพบว่า ธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) และธาตุอาหารรองของพืช (Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn และ Cu) มีน้อยมาก องค์ประกอบของกรดลดลง องค์ประกอบทางชีวเคมี เช่น มีน้ำตาลหลายชนิดปริมาณลดลงจนถึงระดับคงที่ ซึ่งน่าจะเป็นดัชนีชี้บอกจุดสิ้นสุดกระบวนการหมัก และสารคล้ายฮอร์โมน GA_3 เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น

ABSTRACT

The physical, chemical and biochemical components were verified in various bio-fermented juices, using the three substrates of fish, mixed fruit and vegetable wastrel with the unknown microorganism and with the couple of *Lactobacillus plantarum* and *L. caseii*. The periods of 30, 45, 60 and 90 days after fermentation were determinate all components. Low pH and high EC value of physical property with the dark and black color of those products, low major and minor plant nutrient elements were analyzed. Various sugar components, trended to decrease in totally concentration and stable level at the end period of fermentation process. The lower acid compound and higher concentration of GA_3 like substance revealed during the longer fermentation period.

Keyword : Bio-fermented juice, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus caseii*, Microorganism, Components, Bio-liquid fertilizer

e-mail address : rdicha@ku.ac.th

คำนำ

ปัจจุบันระบบการผลิตพืชผักผลไม้มีการใช้ปัจจัยการผลิตทดแทนการใช้สารเคมีกันอย่างแพร่หลาย ทั้งที่มีและไม่มีการขึ้นทะเบียน หรือขอใบอนุญาต โดยเฉพาะน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ที่เกษตรกรใช้ในระบบผลิตพืชผัก GAP หรือการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ น้ำหมักสมุนไพรที่ใช้ไล่แมลงศัตรูพืชและป้องกันกำจัดเชื้อสาเหตุโรคพืช

---

[1] งานเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืช ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยฯ สถาบันวิจัยและพัฒนาฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม
Seed Technology Lab., CLGC., KURDI., Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom

[2] งานวิจัยสภาวะแวดล้อม ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยฯ สถาบันวิจัยและพัฒนาฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม
Environment Science Research Lab., CLGC., KURDI., Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom

[3] งานวิจัยพืชผลหลังเก็บเกี่ยว ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยฯ สถาบันวิจัยและพัฒนาฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

และปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรต่างๆ ที่มีการจำหน่ายในท้องตลาด มีการอ้างถึงสรรพคุณกันมากมาย ซึ่งไม่มีกฎหมายหรือมาตรการใดมาควบคุมดูแลมาตรฐานของปัจจัยดังกล่าว ดังนั้นจะเห็นว่าวิธีการและขั้นตอนการผลิตน้ำหมักชีวภาพ อาจเกิดปัญหาfhkoความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ความปลอดภัย และความเสี่ยงในการใช้ปัจจัยการผลิตดังกล่าว (risk assessment) คณะวิจัยจึงได้ริเริ่มศึกษาวิจัยและพัฒนาวิธีการผลิตน้ำหมักและข้อมูลคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพ เพื่อประกอบการพิจารณาปรับใช้ให้เหมาะสม และลดความเสี่ยงของการใช้ปัจจัยดังกล่าว โดยการวิเคราะห์ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และชีวเคมีที่มีในน้ำหมัก ทั้งนี้ดำเนินการผลิตน้ำหมักขึ้นเองเพื่อใช้เป็นตัวอย่างกรณีศึกษา นำเสนอข้อมูลในเชิงวิทยาศาสตร์ ช่วยสร้างความเข้าใจให้แก่ผู้ผลิตและผู้เกี่ยวข้อง

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการผลิตน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ โดยใช้เศษวัสดุผักผลไม้และปลานิลที่คัดทิ้ง แบ่งเป็น 6 สูตร ได้แก่ สูตรที่หมักจากเศษของหัวปลานิล สูตรที่หมักด้วยเศษของพุงปลานิล และสูตรที่หมักจากเศษผักผลไม้หลายชนิด โดยมีหัวเชื้อหมักจากสับปะรด เปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้วัสดุเดียวกันแต่เติมส่วนผสมของเชื้อ 2 ชนิด คือ *Lactobacillus plantarum* และ *L. caseii* ปริมาณอย่างละเท่าๆ กัน คือ 0.3 OD โดยมีสัดส่วนของวัสดุดิบ : กากน้ำตาล : หัวเชื้อ เท่ากับ 3:3:1 ทำการหมักไว้เป็นเวลานาน 30 45 60 และ 90 วัน นำน้ำหมักชีวภาพแต่ละสูตรมาวิเคราะห์หาลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สีน้ำหมักพิจารณาจากแผ่นเทียบสี RHS Color Chart ของ The Royal Horticultural Society วัดค่า pH ด้วยเครื่องวัดค่า pH และ Electrical Conductivity (EC) คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์หาธาตุอาหารพืช ได้แก่ N, P, K, Ca, Na, Fe, Mg, Mn และ Zn โดยวิธี Micro Kjeldahl, Vanadomolydate, Photometry และ Atomic Absorption ตามลำดับ (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542; ปรีดา และคณะ, 2536) และปริมาณของสารประกอบทางชีวเคมี ได้แก่ น้ำตาลตรวจสอบด้วยวิธี Sugar Analyzer (Sugar Pak Column) กรดชนิดต่างๆ วิเคราะห์ด้วยวิธี Gas Chromatography FID Detector และสารคล้ายฮอร์โมน GA_3 สอบตรวจตามวิธีการของ Aroonrungsikul, *et. al*. (1993)

ผลการทดลอง

องค์ประกอบและคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ที่ระยะเวลา 30 และ 45 วันหลังการหมักมีความแปรปรวนของค่า pH และค่า EC ตามวัสดุต้นกำเนิด กล่าวคือ ค่า pH ของสูตรปุ๋ยน้ำหมักที่ใช้หัวเชื้อสับปะรดและสูตรปุ๋ยน้ำหมักที่ใช้หัวเชื้อ *Lactobacillus* spp. ทั้งสองชนิดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อหมักนาน 45 วัน โดยที่วัสดุที่มาจากพืชจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าวัสดุที่มาจากปลา ส่วนค่า EC มีค่าลดลงในทุกสูตรน้ำหมัก เช่น เกล็ดและพุงปลานิลกับหัวเชื้อสับปะรด และ เกล็ดและพุงปลานิลกับหัวเชื้อ *Lactobacillus* spp. (Table 1) วัสดุที่มาจากปลาจะให้ปริมาณของแข็ง (Total solid) สูงกว่าการใช้วัสดุจากพืช น้ำหมักชีวภาพจากพืชมีความชื้นมากกว่า สำหรับองค์ประกอบของส่วนที่ระเหยได้ (Volatile solid) ได้แก่ ปริมาณกรดที่ระเหยได้ (Volatile acid) และกรดแลคติค (Lactic acid) ในน้ำหมักชีวภาพที่หมักจากเศษปลาจะมีปริมาณที่สูงกว่าวัสดุจากพืชผักผลไม้ ขณะที่ปริมาณน้ำตาล (Total sugar) มีความแปรปรวนค่อนข้างสูง ผลการวิเคราะห์รายละเอียดโดยเครื่อง HPLC สามารถตรวจพบองค์ประกอบน้ำตาลหลายชนิด ได้แก่ Riffinose, Sucrose, Glucose และ

Fructose ในตัวอย่างของน้ำหมักพบว่ามีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยที่ Glucose และ Fructose จะพบในปริมาณที่สูงกว่าองค์ประกอบน้ำตาลชนิดอื่น (Table 2)

Table 1 Variation of pH and EC values of various bio-fermented formulas at 30 and 45 days after fermenting period

Formulas	pH		EC (mS/cm)		
	30 DAF	45 DAF	30 DAF	45 DAF	DIFF
Fish head + unknown microbial stock	3.94	4.00	15.45	15.28	-0.17
Fish maw + unknown microbial stock	4.22	4.14	16.45	12.00	-4.45
Vegetable + unknown microbial stock	3.74	3.75	20.03	17.22	-2.81
Fish head + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	4.04	4.28	20.28	16.16	-4.12
Fish maw + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	4.06	4.28	17.50	15.73	-1.77
Vegetable + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	3.72	3.81	17.31	18.49	+1.18

Table 2 Observation of some polysaccharide concentration in various bio-fermented formulas at 30 days after fermenting period

Formulas	period	Polysaccharide	Percentage
Fish maw + unknown microbial stock	30 days	Raffinose	2.39
		Sucrose	1.26
		Glucose	3.39
		Fructose	4.39
		Total	**11.43**
Fish maw + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	45 days	Raffinose	-
		Sucrose	8.51
		Glucose	0.28
		Fructose	
		Total	**8.79**
Vegetable + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	45 days	Raffinose	2.08
		Sucrose	-
		Glucose	1.86
		Fructose	3.14
		Total	**7.08**
Vegetable + unknown microbial stock	45 days	Raffinose	-
		Sucrose	0.20
		Glucose	4.25
		Fructose	3.93
		Total	**8.38**

สีของน้ำหมักจากสูตรที่ใช้หัวเชื้อสับปะรดและหัวเชื้อ *Lactobacillus* spp. จะมีสีดำ (Black 202 A) ในช่วง 30 วันของการหมัก และจางลงเป็นสีน้ำตาลเข้ม (Brown 200 A) เมื่อระยะการหมักนานขึ้น

สูตรน้ำหมักชีวภาพจากวัสดุพืชผักผลไม้มีค่า pH ต่ำที่สุด คือ 3.72 - 3.74 ในระยะ 30-60 วันของการหมัก โดยเฉพาะสูตรที่ใช้หัวเชื้อสับปะรดมีค่า pH ที่ต่ำกว่าการใช้หัวเชื้อจาก *Lactobacillus plantarum* และ *L. caseii* ค่า pH และ ค่า EC จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการหมักนานขึ้น พบว่าเมื่อหมักนานถึง 90 วัน pH อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน คือ สูตรน้ำหมักชีวภาพที่ใช้วัสดุพืชผักผลไม้ และเศษเหลือของปลา มี pH 4.08 - 4.11 และ 4.29 -

โครงการคลังความรู้ดิจิทัล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.44 ตามลำดับ (Table 3) หัวเชื้อจาก *Lactobacillus plantarum* และ *L. caseii* จะมีผลทำให้ค่า EC ของน้ำหมักชีวภาพที่ได้สูงกว่าน้ำหมักที่หมักด้วยหัวเชื้อจากสับปะรด คือ น้ำหมักชีวภาพที่ได้จากหัวเชื้อ *Lactobacillus plantarum* และ *L. caseii* ค่า EC เปลี่ยนแปลงดังนี้ 15.49 -18.06, 16.13 -17.43 และ 17.34 -18.95 mS/cm ที่ระยะ 30 60 และ 90 วันตามลำดับของการหมัก ขณะที่น้ำหมักชีวภาพจากหัวเชื้อสับปะรด มีค่า EC เปลี่ยนแปลงจาก 13.56-16.45, 15.68-17.34 และ 18.38-19.85 mS/cm ตามลำดับในเวลาที่เท่ากัน (Table 3)

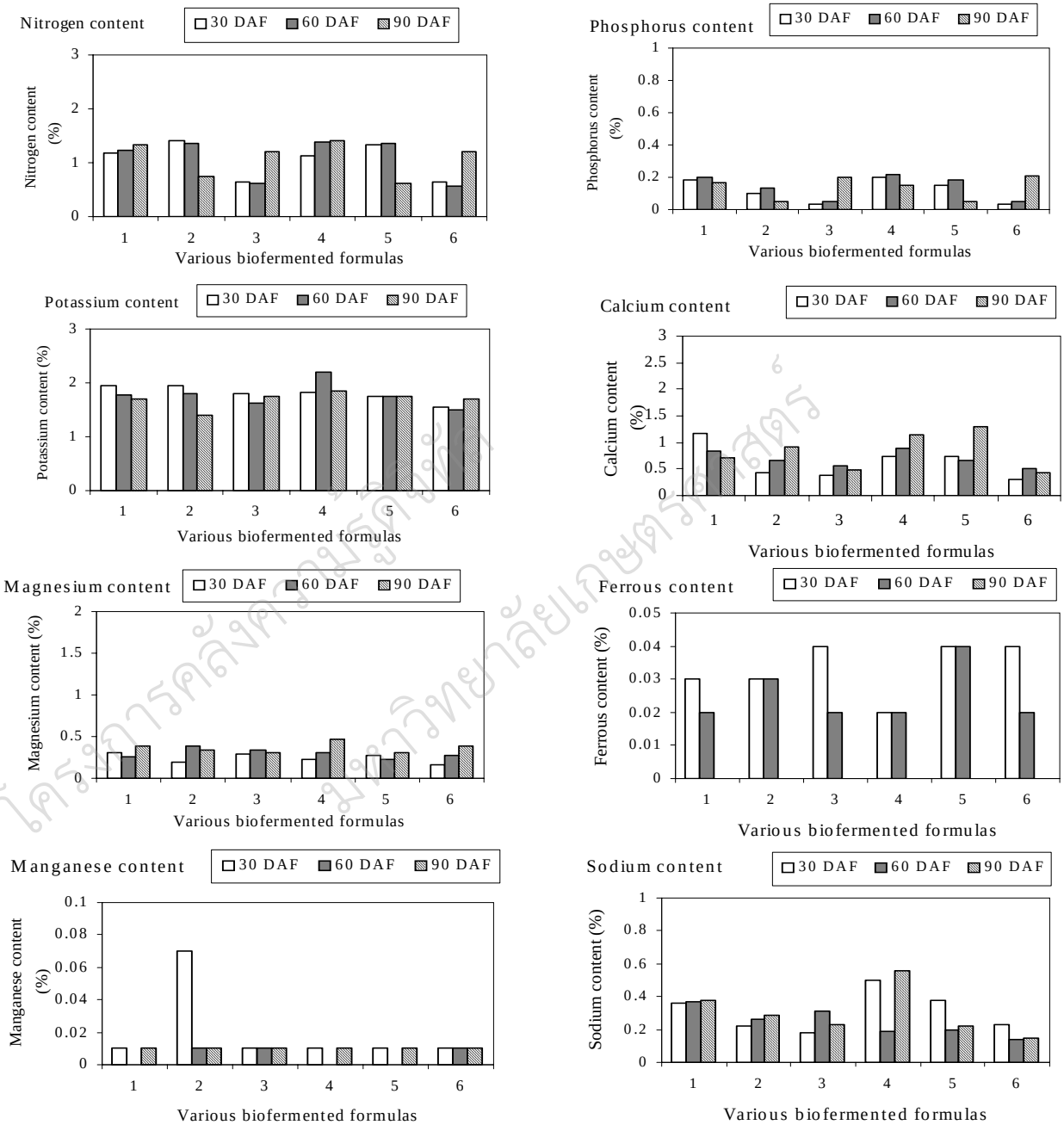

Figure 1 Plant nutrient element contents of various bio-fermented juices at 30, 60 and 90 days after fermenting periods

เมื่อระยะเวลาหมักนานขึ้นน้ำหมักชีวภาพจากหัวเชื้อสับปะรดมีปริมาณ Total solid ลดลง ขณะที่น้ำหมักชีวภาพที่หมักด้วยหัวเชื้อ *Lactobacillus plantarum* และ *L. caseii* มีปริมาณเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า สำหรับ

ปริมาณของ Volatile solid ซึ่งประกอบด้วย Total sugar และ Volatile acid มีปริมาณลดลง ขณะที่ปริมาณของ Lactic acid มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณ Fixed solid หรือส่วนของเถ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Table 4 และ 5) ปริมาณของธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองมีปริมาณไม่สูง คือ ปริมาณ K มีประมาณ 2%, N มีเพียง 1% P มีน้อยกว่า 0.2% และ Ca มีประมาณ 0.5 –1% ซึ่งมีปริมาณมากกว่า Mg, Na, Fe และ Mn (Figure 2) ส่วน Zn และ Cu มีปริมาณต่ำมาก ปริมาณของธาตุอาหารพืชเหล่านี้มีความแปรปรวนระหว่างการหมัก น้ำหมักชีวภาพที่ใช้เศษปลานิลจะมีปริมาณมากกว่าน้ำหมักจากเศษผักผลไม้ และหัวเชื้อจาก *Lactobacillus* spp. 2 ชนิด ให้ปริมาณ Na สูงกว่าการหมักด้วยหัวเชื้อสับปะรด

Table 3 The pH value, EC value and moisture percentage of various bio-fermented formulas at 30, 60 and 90 days after fermenting period

Formulas	pH			EC (mS/cm)			Moisture (%)		
	30 DAF	60 DAF	90 DAF	30 DAF	60 DAF	90 DAF	30 DAF	60 DAF	90 DAF
Fish head+unknown microbial stock	3.44	3.99	4.29	15.82	15.68	18.82	60.24	59.41	60.69
Fish maw+unknown microbial stock	4.14	4.14	4.38	13.56	17.34	19.85	53.63	55.85	60.55
Vegetable+unknown microbial stock	3.74	3.73	4.11	16.45	16.70	18.38	67.32	65.10	68.71
Fish head + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	4.03	4.00	4.31	18.06	16.13	17.78	63.76	62.96	67.45
Fish maw + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	4.09	4.13	4.44	15.49	17.43	17.34	55.81	60.74	66.20
Vegetable + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	3.72	3.74	4.08	15.62	16.82	18.95	70.81	74.42	75.42

Table 4 Total solid, volatile solid and fixed solid percentage of various bio-fermented formulas at 30, 60 and 90 days after fermenting period

Formulas	Total solid (%)			Volatile solid (%)			Fixed solid (%)		
	30 DAF	60 DAF	90 DAF	30 DAF	60 DAF	90 DAF	30 DAF	60 DAF	90 DAF
Fish head+unknown microbial stock	39.76	40.59	39.01	29.00	27.23	24.06	10.76	13.36	14.95
Fish maw+unknown microbial stock	46.37	44.15	39.45	37.35	28.37	28.61	9.02	15.78	10.84
Vegetable+unknown microbial stock	32.68	34.90	31.29	26.52	24.47	25.70	6.17	10.43	5.59
Fish head + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	36.24	37.04	32.55	25.00	23.37	18.87	11.24	13.67	13.68
Fish maw + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	44.19	39.26	33.80	37.55	27.56	22.56	6.64	11.70	11.24
Vegetable + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	29.19	25.58	24.58	22.59	19.11	16.56	6.60	6.47	8.02

ปริมาณสารคล้ายฮอร์โมน GA_3 มีปริมาณไม่สูงในช่วงแรกของการหมักและเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาการหมัก กล่าวคือ น้ำหมักชีวภาพที่ได้จากหัวเชื้อสับปะรดมีปริมาณต่ำมากในช่วงแรก และมี 10-30 ng/gDW ที่ 90 วันหลังการหมัก ส่วนน้ำหมักชีวภาพจากหัวเชื้อ *Lactobacillus* spp. มีปริมาณ 10-30 ng/gDW ที่ 30 วันหลังการหมัก และ 30-50 ng/gDW ที่ 90 วันหลังการหมัก และใช้หัวเชื้อ *Lactobacillus* spp. ร่วมกับเศษผักผลไม้ตรวจพบสารคล้ายฮอร์โมน GA_3 ในปริมาณที่สูงกว่าการใช้เศษเหลือจากปลานิล (Figure 2)

Table 5 Total sugar, volatile acid and lactic acid percentage of various bio-fermented formulas at 30, 60 and 90 days after fermenting period

Formulas	Total sugar (%)			Volatile acid (%)			Lactic acid		
	30 DAF	60 DAF	90 DAF	30 DAF	60 DAF	90 DAF	30 DAF	60 DAF	90 DAF
Fish head+unknown microbial stock	14.5	12.4	12.3	0.23	0.19	0.26	9.65	9.00	9.00
Fish maw+unknown microbial stock	24.3	26.3	18.4	0.35	0.29	0.29	7.00	5.60	6.75
Vegetable+unknown microbial stock	14.4	15.5	13.5	0.28	0.22	0.25	5.30	4.65	5.00
Fish head + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	9.3	9.7	9.1	0.25	0.23	0.29	7.90	9.45	10.65
Fish maw + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	12.1	14.3	10.7	0.30	0.23	0.20	9.00	8.15	6.10
Vegetable + *Lactobacillus* 2 species microbial stock	16.9	12.1	11.4	0.16	0.15	0.16	5.10	4.20	3.80

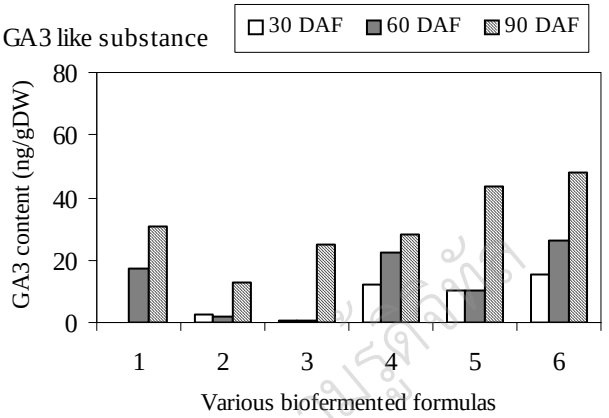

Figure 2 GA_3 like substance in various bio-fermented juices at 30, 60 and 90 days after fermenting periods

Note: 1= Fish head + unknown microbial stock
2= Fish maw + unknown microbial stock
3= Vegetable + unknown microbial stock
4= Fish head + *Lactobacillus* 2 species microbial stock
5= Fish maw + *Lactobacillus* 2 species microbial stock
6= Vegetable + *Lactobacillus* 2 species microbial stock

วิจารณ์

น้ำหมักชีวภาพที่สมบูรณ์ควรประกอบด้วยสารประกอบที่ผลิตจากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน ธาตุอาหาร เอ็นไซม์ และฮอร์โมนพืช ในปริมาณที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ทำ รวมทั้งเซลล์จุลินทรีย์ เซลล์พืช และเซลล์สัตว์ที่คงค้างอยู่ ดังนั้นการใช้หัวเชื้อสับปะรดถือเป็นจุดอ่อนของกระบวนการผลิต เนื่องจากไม่สามารถทราบประมาณและชนิดของจุลินทรีย์ ทำให้ควบคุมคุณภาพมาตรฐานของการผลิตไม่ได้ โดยมีส่วนผสมของหัวเชื้อ *Lactobacillus plantarum* and *L. caseii* ที่ทราบปริมาณของจุลินทรีย์และวัตถุดิบที่เติมลงไปในกระบวนการหมัก

เศษเหลือจากปลามีปริมาณของ Total solid ในน้ำหมักสูงกว่าการใช้วัสดุจากพืช น้ำหมักชีวภาพจากเศษพืชมีความชื้นสูงกว่า และหัวเชื้อสับปะรดก็มีส่วนทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงด้วย สรุปโดยรวมน้ำหมักชีวภาพเป็นของเหลวที่มีสีน้ำตาลเข้มถึงสีดำ มีฤทธิ์เป็นกรดสูง pH อยู่ระหว่าง 3.7 - 4.4 เนื่องจากมีปริมาณกรดระเหยได้ (Volatile acid) เช่น กรดน้ำส้ม (Acetic acid) และกรดแลคติค (Lactic acid) เป็นต้น คล้ายกับคุณสมบัติของซุปเปอร์อีเอ็มที่มีกรดต่างๆ เช่น Acetic acid, Propionic acid, Butyric acid และ Volatile fatty acid (สุรัตน์วดี และคณะ, 2538) ผลการสำรวจน้ำหมักชีวภาพของกองเกษตรเคมี (2545) พบว่า ค่า pH มีความแปร ปรวนตั้งแต่ 3.1–8.1 และค่านำไฟฟ้ามีความแตกต่างระหว่าง 0.9 – 6.0 dS/m จะเห็นได้ว่ากระบวนการหมักของเกษตรกรมีความหลากหลายในวัตถุดิบและขาดการกำหนดจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก ไม่มีระบบการ

ควบคุมคุณภาพและมาตรฐานการผลิต ทำให้เกิดธุรกิจผลิตน้ำหมักที่ไม่มีคุณภาพมาตรฐานอีกมากมาย ผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ มีค่า ph3.8-4.0 ใกล้เคียงกับ ปุ๋ยน้ำจากปลา (Liquid Fish) ที่จำหน่ายเป็นการค้าในต่างประเทศ เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์น้ำหมักจากปลาตามข้อกำหนดของ Omri List กำหนดค่าไว้ < 3.5 (Omri, 2001) เศษวัสดุพืชจะให้ของเหลวที่มีค่า pH ต่ำกว่าน้ำหมักจากเศษปลา และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น โดยมี Volatile acid ในรูปของกรดหลายชนิด ทำให้ของน้ำหมักชีวภาพมีฤทธิ์เป็นกรด ส่วนค่า EC เมื่อหมักนานถึง 90 วัน มีค่า EC อยู่ระหว่าง 13.56-19.85 mS/cm ใกล้เคียงกับที่กรมพัฒนาที่ดิน (2545) รายงานไว้ คือ ค่า EC ของน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากปลา และผัก จะอยู่ที่ 21.6 และ 15.93 dS/m (mS/cm) เกิดจากการแตกตัวของประจุไฟฟ้าของสารประกอบทางชีวภาพและทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างขบวนการหมักละลายอยู่ในของเหลว โดยเฉพาะธาตุโซเดียม (Na) หรือคลอรีน (Cl) ดังนั้นการใช้น้ำหมักชีวภาพจึงต้องเจือจางด้วยน้ำก่อน ค่า EC ที่วิเคราะห์ได้ในครั้งนี้มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ให้คำแนะนำ (2544) ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 10 dS/m

ปริมาณของแข็ง Total solid ลดลงเมื่อเวลาหมักนานขึ้น ซึ่งประกอบด้วยของแข็งที่ระเหยได้ (Volatile solid) น้ำตาลรวม (Total sugar) และ กรดระเหยได้ (Volatile acid) องค์ประกอบน้ำตาลรวมมีค่าแปรปรวนค่อนข้างสูง การศึกษาชี้ให้เห็นว่าปริมาณน้ำตาลควรเป็นดัชนีชี้วัดความเหมาะสมและระยะเสร็จสิ้นของกระบวนการหมัก กล่าวคือ ปริมาณน้ำตาลรวมของน้ำหมักชีวภาพที่ระยะ 45 ถึง 60 วัน มีปริมาณค่อนข้างคงที่ (Table 5) ดังนั้นการผลิตน้ำหมักชีวภาพที่เหมาะสมจึงควรใช้เวลาหมักนาน 45-60 วัน

ส่วนของเถ้าที่เหลือ (Fixed solid หรือ Ash) ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จะประกอบด้วยส่วนของธาตุอาหารพืชที่มีปริมาณต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ปริมาณ N และ P ในน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลามีปริมาณสูงขึ้น ขณะที่น้ำหมักชีวภาพจากผักผลไม้ให้ธาตุอาหาร K มากกว่าและสูงขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาการหมัก สอดคล้องกับผลสำรวจน้ำหมักชีวภาพของกองเกษตรเคมี (2545) ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองต่ำ จึงควรพิจารณาความเหมาะสมเมื่อจะแนะนำให้ใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นปุ๋ยธาตุอาหารพืช หรืออาหารเสริมพืช

องค์ประกอบชีวภาพที่ตรวจพบในน้ำหมักชีวภาพมีหลายอย่าง ได้แก่ กรดอะมิโน โปรตีน ฮอร์โมนพืช เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณสารคล้ายฮอร์โมน GA_3 มีปริมาณไม่สูงในช่วงแรกของการหมัก และเพิ่มขึ้นเมื่อหมักนานขึ้น เช่นเดียวกับสารคล้ายฮอร์โมน GA ในซุปเปอร์อีเอ็ม ที่พบปริมาณน้อยในช่วงแรก และเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บในอุณหภูมิห้องนานขึ้น 42 วัน (ชวนพิศ และกัลยา, 2539) นอกจากนั้นในน้ำหมักชีวภาพที่การใช้หัวเชื้อ *Lactobacillus* spp. ร่วมกับเศษผักผลไม้ พบสารคล้ายฮอร์โมน GA_3 ในปริมาณที่สูงกว่าการใช้เศษเหลือจากปลาเป็นวัตถุดิบ เช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนพืชในปุ๋ยน้ำอินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดิน (2545) ทั้งนี้การใช้หัวเชื้อ *Lactobacillus* spp. จะเร่งการผลิตสารคล้ายฮอร์โมนพืชได้ดีกว่า

กากน้ำตาล (raw sugar waste) เป็นส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งมีส่วนประกอบของ N 2%, Phosphoric acid 8% และเป็นแหล่งของคาร์บอนสูง (Carbonaceous material) เนื่องจากค่า C/N ratio สูง (Martin และ Gershuny, 1992) ถือเป็นแหล่งคาร์บอน หรือแหล่งพลังงานให้กับจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมัก และแปรสภาพเป็นองค์ประกอบทางเคมีทั้งในรูปที่คงสภาพและไม่คงสภาพ จึงมีความแปรปรวนในน้ำหมัก นอกจากนั้นเงื่อนไขของความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมระหว่างการหมัก ความสม่ำเสมอของวัตถุดิบที่นำมาใช้จำเป็นต้องมีการควบคุม คุณลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้ เช่น ผักผลไม้ถูกย่อยสลาย

เร็วกว่าเศษปลา ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิมในภาชนะหมัก หัวเชื้อที่ใช้ในการหมักก็มีผลต่อการย่อยสลายระหว่างกระบวนการหมักที่ต่างกัน เช่น กรณีที่ใช้หัวเชื้อสับปะรดไม่สามารถควบคุมชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ การย่อยสลายจะใช้เวลาต่างกัน ดังนั้นสรุปว่าการใช้หัวเชื้อ *Lactobacillus* spp. สัดส่วนที่เท่ากันในการหมักด้วยวัตถุดิบที่เป็นเศษผักผลไม้จะใช้เวลาหมัก 45 วัน ถ้าใช้เศษปลาควรใช้เวลาหมักนานถึง 60 วัน

ผลการศึกษาองค์ประกอบในน้ำหมักชีวภาพแสดงความแปรปรวนอย่างชัดเจน น้ำหมักชีวภาพ หรือผลิตภัณฑ์ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ต้องอาศัยปัจจัยการผลิตหลายอย่างมาเกี่ยวข้อง จำเป็นต้องมีระบบการควบคุมการผลิตที่ได้มาตรฐาน เพื่อให้ได้น้ำหมักชีวภาพที่มีคุณภาพ นอกจากนั้นควรระบุประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพให้ชัดเจน ผลกระทบกับผลผลิตช่วงการเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังเก็บเกี่ยวหรือไม่ โดยเฉพาะโอกาสการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในพืชผักสด จึงเป็นหน้าที่ของหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ควรจะกำหนดมาตรฐานน้ำหมักชีวภาพแต่ละประเภท รวมทั้งมีมาตรการควบคุม ดูแลผู้ผลิต หรือบริษัทที่ผลิตเป็นการค้า ตลอดจนสร้างความเข้าใจในสรรพคุณของผลิตภัณฑ์ในเชิงวิทยาศาสตร์อย่างเร่งด่วน เนื่องจากเกษตรกรมีการใช้กันอย่างแพร่หลายโดยไม่มีความเข้าใจที่ถูกต้อง โดยเฉพาะระบบการผลิตพืชผักผลไม้เพื่อการส่งออก ซึ่งต้องการระบบเอกสารรับรองปัจจัยการผลิตทุกชนิด เพื่อการตรวจประเมินรับรอง

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545.คู่มือการผลิตและประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ. 57 น.

กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. ฮอร์โมนพืชและธาตุอาหารพืชในน้ำหมักชีวภาพ. 134 น.

ชวนพิศ อรุณรังสิกุล และ กัลยา พูลทรัพย์. 2539. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและชีวเคมีของอีเอ็ม ตอนที่ 2 การศึกษาสารคล้ายจิบเบอเรลลิคแอซิดในอีเอ็ม. วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์) 30:17-24.

ปรีดา พากเพียร, พิชิต พงษ์สกุล และ วิศิษฐ์ โชลิตกุล. 2536. การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช. คณะทำงานปรับปรุงมาตรฐาน, กองวิเคราะห์ดิน น้ำ และปุ๋ยเคมี. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 40 น.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.108 น.

สุรัตน์วดี จิวะจินดา, ศรีพรรณ มุขสมบัติ, ชวนพิศ อรุณรังสิกุล, มณี ตันติรุ่งกิจ และชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล. 2538. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและชีวเคมีของ EM. 3-4 น. *ใน* การสัมมนาแถลงผลการวิจัยโครงการวิจัย EM และผลของการใช้ต่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. 3-4 สิงหาคม 2538. กรมวิชาการเกษตร, กทม.

Aroonrungsikul, C., S. Sukprakarn, S.Shigenaga and E. Nawata. 1993. Analysis of endogenous gibberellic acid, abscisic acid and ethylene in cucumber seed (*Cucumis sativus* L.). Kasetsart J. (Nat. Sci. Suppl.) 27:21-36.

Martin, D.L. and G. Gershuny. 1992. The Rodale Book of Composting Easy Methods for Every Gardener. Rodale Press, Emmaus, Pennsylvania.278.p.

OMRI. 2001. OMRI Generic Materials List with the National Organic Program Final Rule Listings. California Certified Organic Farmers Manual Four : The OMRI/CCOF Materials Guide.89 p.