



วารสารเกษตร

ปีที่ 9 เล่มที่ 1 มกราคม - เมษายน 2536

ศักยภาพของฟอสเฟตที่ถูกดูดทางเคมี และความสามารถในการให้ฟอสเฟตแก่พืช สุพจน์ โคตระกุล , เนาวรัตน์ เทพสุวรรณ และ กนกพันธ์ พันธุ์สมบัติ	1
อิทธิพลของฟอสเฟต ความเป็นกรด-เบสของดิน ความชื้นและ อุณหภูมิที่มีต่อการดูดและการคายโบรอนในดิน สุพจน์ โคตระกุล และ กนกพันธ์ พันธุ์สมบัติ	11
การศึกษาการปรับปรุงพันธุ์ลิ้นจี่โดยวิธีกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ I. การตอบสนองของเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยต่อรังสีแกมมา อดิศร กระแสชัย และ ธวัชชัย รัตน์ชเลศ	18
การศึกษาการปรับปรุงพันธุ์ลำไยโดยวิธีกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ II. การพัฒนาของต้นที่เกิดจากการเพาะเมล็ดที่ได้รับรังสีแกมมา อดิศร กระแสชัย และ ธวัชชัย รัตน์ชเลศ	24
ผลของวันปลูกถั่วดำที่ปลูกเหลื่อมข้าวโพดต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชทั้งสองภายใต้สภาพที่ดอนอาศัยน้ำฝน อรรณพ คณาเจริญพงษ์	36
การลดความชื้นข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในฤดูนาปีด้วยเครื่องลดความชื้นแบบใช้ลมร้อน ศุภศักดิ์ ลิ้มปิติ และ วิบูลย์ ช่างเรือ	43
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 1. แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมต่อการผลิตขนม ไพโรจน์ วิริยจารี , ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และ อำพัน กันธิยะ	51
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 2. ผลของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวต่อการผลิตกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์ ไพโรจน์ วิริยจารี , ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และ ปานจิตต์ คุณะวาลี	61
สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารราคาถูกโดยมี องค์ประกอบของกรดอะมิโนแตกต่างกัน วันดี เจียเจริญ และ ประทีป ราชแพทยาคม	75

วารสารเกษตร

Journal of Agriculture

ISSN : 0857-0841

เจ้าของ

คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เชียงใหม่ 50002

โทร. (053)221828 หรือ (053)221699

ต่อ 4009, 4013

แฟกซ์ (053)210000

Publisher

Faculty of Agriculture

Chiang Mai University

Chiang Mai 50002, THAILAND

Tel. (053)221828 or (053) 221699

ext. 4009, 4013

Fax (053)210000

วัตถุประสงค์

1. เผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความทางวิชาการสาขาเกษตรศาสตร์ และชีววิทยา
2. เผยแพร่เกียรติคุณของนักวิจัย
3. สร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างนักวิจัย

บรรณาธิการ

เพทาย พงษ์เพียรจันทร์

รองบรรณาธิการ

เทอดชัย เวียรศิลป์

กองบรรณาธิการ

เฉลิมพล แชนเพชร, นิรันดร์ โพธิกานนท์, ประสาทพร สมิตะมาน, ดุษฎี ณ ลำปาง, ปรีชาพล สุกุลฉันท, สุพจน์ โตตะระกุล, ธวัชชัย ไชยตระกูลทรัพย์, พิชิต ธานี, บุญเสริม ชีวะอิสระกุล, เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม, ปัจฉิมา สมิตะมาน, พันทิพา พงษ์เพียรจันทร์, อรุณี อภิชาติสร้างกูร, อารี วิบูลย์พงศ์, นิธิยา รัตนูปานนท์, ศุภศักดิ์ ลิ้มปิติ, ภามรทิพย์ อักษรทอง, ชุมพร กิระศิลป์, จิตติ ปิ่นทอง, นันทิยา วรชนะภูติ, วิโชติ พัดโร, นิตยา สุวรรณรัตน์, สุวัฒน์ รัตนธนาชาติ, นันทนา สุวรรณชาติ

ที่ปรึกษา

สง่า สรรพศรี, เชื้อ ว่องสงสาร, ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ, อนันต์ โกเมศ, นคร ณ ลำปาง, ทิม พรรณศิริ, จินดา จันทร์อ่อน, มณี เชื้อวิโรจน์

กำหนดออก

เดือนมกราคม พฤษภาคม และกันยายน ปีละ 3 เล่ม

แจ้งรับวารสาร

ถึง บรรณาธิการวารสารเกษตร หรือ

คุณไฉไลพร ธรรมตา

งานบริการงานวิจัยและพัฒนา

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เชียงใหม่ 50200

ใบสมัครเป็นสมาชิกวารสารเกษตร

วันที่ เดือน พ.ศ.

ข้าพเจ้า

ที่อยู่ อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์

โทรศัพท์ อาชีพ/ตำแหน่ง

สถานที่ทำงาน

มีความต้องการสมัครเป็นสมาชิก "วารสารเกษตร" ตั้งแต่ ฉบับที่ ... ปีที่ เดือน

พ.ศ. เป็นต้นไป

เป็นจำนวน ฉบับ หรือ ปี

พร้อมนี้ได้ส่งเงินค่าสมาชิกจำนวน บาท (.....) มาโดยทาง

☐ ธนาณัติ

☐ เช็คไปรษณีย์

ส่งจ่าย ณ ที่ทำการไปรษณีย์โทรเลข มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50002

ลงชื่อ ผู้สมัคร
(.....)

กรุณา ส่งแบบฟอร์มไปที่

บรรณาธิการ วารสารเกษตร

หรือ คุณวิไลพร ธรรมตา

งานบริการงานวิจัยและพัฒนา

คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

อัตราค่าสมัครปีละ 120.- บาท ท่านจะได้รับ วารสารเกษตร ราย 4 เดือน รวม 3 ฉบับ

ค่าส่งทางไปรษณีย์ฟรี และท่านสามารถสมัครครั้งละกี่ปีก็ได้ เช่น 2 ปี 240 บาท 3 ปี

360 บาท เป็นต้น

ศักยภาพของฟอสเฟสที่ถูกดูดทางเคมี และความสามารถในการให้ฟอสเฟสแก่พืช

สุพจน์ ไตรระกุล¹, เนาวรัตน์ เทพสุวรรณ¹ และ กนกพันธ์ พันธุ์สมบัติ¹

THE POTENTIAL OF CHEMISORBED PHOSPHATES AND THEIR CAPABILITIES FOR SUPPLYING PHOSPHATES TO PLANTS

Suphot Totrakool¹, Nawarat Thepsuwan¹ and Kanokpan Pansombat¹

ABSTRACT : About 70-90 %, 20-30 % and less than 8 % of phosphate fertilizer which was added to the soil series, were retained in the forms of ferric and aluminum phosphates, calcium phosphate, and clay phosphates respectively. Water soluble phosphate was amounted to 2-10 %. The added phosphates were mainly first adsorbed by clay, then slowly replaced and precipitated as ferric and aluminum phosphates. When applied phosphates according to the general recommendation rate (8-10 kg/P₂O₅/rai) to soybean grown in Renu soil series, there would be adequate phosphate for two cropping.

บทคัดย่อ : ในดินชุดเรณู ฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดินส่วนใหญ่ประมาณ 70-90 % จะถูกตรึงในรูปของเหล็กอลูมิเนียมฟอสเฟต ส่วนที่เหลืออีกประมาณ 20-30 % จะตกตะกอนในรูปของ Ca₃(PO₄)₂ และน้อยกว่า 8 % จะถูกตรึงโดยเคลย์ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ จะมีแค่ 2-10 % เท่านั้น การใส่ฟอสฟอรัสลงไปในดินที่มีการปลูกพืชในระยะเวลาแรก ๆ ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะถูกดูดซับอยู่ที่ผิวเคลย์ก่อน เมื่อเวลาผ่านไปก็จะมีมีการไล่ที่ฟอสฟอรัสบนผิวเคลย์ออกมาแล้วตกตะกอนในรูปของเหล็กอลูมิเนียมฟอสเฟตต่อไป การใส่ฟอสฟอรัสให้แก่ถั่วเหลืองตามอัตราที่แนะนำโดยทั่วไปคือ 8-10 กก. P₂O₅ ต่อไร่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองที่ปลูกในดินชุดเรณูถึง 2 ครั้ง.

คำนำ

ฟอสฟอรัสในสารละลายของดินจะอยู่ในรูปของฟอสเฟต ซึ่งมีประจุลบ แต่เนื่องจากดินก็มีประจุสุทธิเป็นลบ ทำให้คาดว่าฟอสฟอรัสในดินน่าจะถูกระงับไว้ได้ง่าย แต่ในความเป็นจริงแล้วฟอสฟอรัสจะถูกตรึงไว้ในดินด้วยกระบวนการอื่น ๆ มากมาย จนกระทั่งแทบจะไม่มีโอกาสสูญเสียไปจากดินด้วยการชะล้าง สำหรับกระบวนการตรึงฟอสฟอรัสของดินนั้น ถ้าเป็นดินกรดจะถูกตรึงในรูปของอลูมิเนียมฟอสเฟตเป็นส่วนใหญ่ แต่ถ้าเป็นดินด่างจะถูกตรึงในรูปของแคลเซียมฟอสเฟตเป็นหลัก นอกจากนั้น โครงสร้าง

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50002.

¹ Department of Soil Science and Conservation, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002.

ของฟอสเฟตเองก็เหมาะสมที่จะถูกตรึงโดยแร่ดินเหนียวที่อยู่ในดินด้วย (Bohn *et al.*, 1979 ; Greenland and Hayes, 1981 ; Lindsay, 1979 ; Walsh and Beaton, 1973 ; White, 1980) ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินจะขึ้นอยู่กับความมากน้อยของการละลายออกมาของฟอสเฟตที่ถูกตรึงในรูปต่าง ๆ ดังนั้นการศึกษาความเคลื่อนไหว หรือการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงในดินโดยปัจจัยต่างๆ กล่าวคือ ปริมาณของน้ำ ความชื้น อุณหภูมิ เวลา ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เติม และความเป็นกรด-เบสของดิน จะเป็นประโยชน์ในการจัดการหรือการประเมินความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในสภาพการณ์ต่าง ๆ ของดินได้.

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองทำในดินชุดเรณูซึ่งมีลักษณะสมบัติดังตารางที่ 1 และมีไอโซเทอร์มของการดูดซับฟอสฟอรัสดังรูปที่ 1 จากรูปที่ 1 จะเลือกระดับของการใส่ฟอสฟอรัสลงไปในดินออกมา 5 ระดับ โดยระดับแรกใช้ตามอัตราคำแนะนำทั่วไป ซึ่งได้แก่ 8-10 กก. P_2O_5 ต่อไร่ หรือประมาณ 14 ppm.

Table 1. Properties of Renu soil series.

Chemical Properties							
pH	CEC	Ca	Mg	OM %	K	P (Bray No 2)	Total P*
	me/100 gm					ppm	
5.4	3.5	0.5	0.4	0.6	47.0	4	8.5
Physical Properties							
Bulk density gm/ml		Moisture content (%)					
		1/3 atm.	1 atm.	3 atm.			
1.64		9.45	6.32	4.72			

* Total P in this case mean the sum of Al-Fe-P, Ca-P, Clay P and H_2O -P

การทดลองในห้องปฏิบัติการ ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองมี 5 ปัจจัยคือ :

1. การใส่ฟอสฟอรัส (P) มี 5 ระดับคือ 14, 24, 31, 42.5 และ 56 ppm
2. ความเป็นกรด-เบสของดิน (pH) มี 4 ระดับ คือ 4.5, 5.5, 6.5 และ 7.5
3. ความชื้น (M) มี 3 ระดับ คือที่แรงดึงน้ำของดินเท่ากับ 1/3, 1 และ 3 บรรยากาศ
4. อุณหภูมิ (T_0) 3 ระดับคือ 34, 29 และ 22°C
5. เวลาในการทำปฏิกิริยา (T) มี 3 ระดับคือ 15, 30 และ 45 วัน

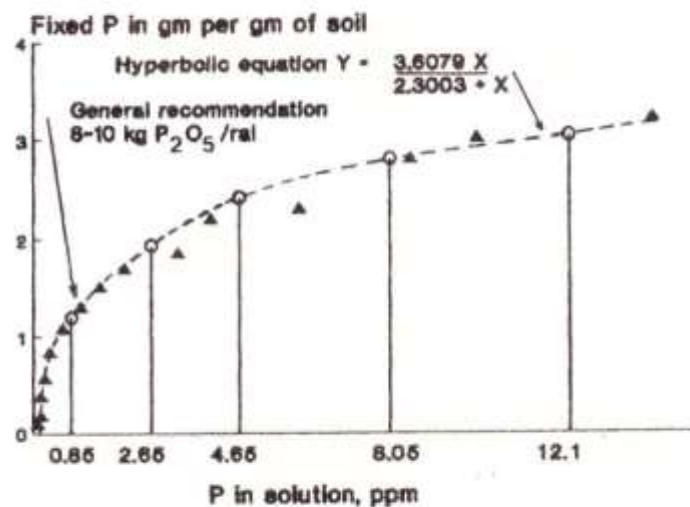


Figure 1. Phosphorus adsorption isotherm.

การทดลองมี 7 การทดลอง ทำการทดลองแบบ Factorial โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design จำนวน 3 ซ้ำ แต่ละการทดลองมีปัจจัยดังต่อไปนี้ การทดลองที่ 1 มีปัจจัย P และ pH การทดลองที่ 2 มีปัจจัย P และ M การทดลองที่ 3 มีปัจจัย P และ T_p การทดลองที่ 4 มีปัจจัย P และ T การทดลองที่ 5 มีปัจจัย pH และ M การทดลองที่ 6 มีปัจจัย pH และ T_p การทดลองที่ 7 มีปัจจัย pH และ T ส่วนปัจจัยอื่นๆ อีก 3 ปัจจัย ซึ่งไม่ได้ใช้ทดลองในแต่ละการทดลองจะให้มีความคงที่ดังนี้ $P=14$ ppm, $pH=6.5$, $M=1$ นวรายกาศ, $T=25^\circ C$ และ $T=15$ วัน ตัวอย่างดินของแต่ละตำรับ (Treatment) จะถูกนำมาหาปริมาณของฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ (โคตระกุล, 2536).

- เหล็ก-อลูมิเนียมฟอสเฟต (Fe-Al-P) = ฟอสเฟตที่สกัดได้โดย NaOH 0.1 M ละลายด้วย ฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดย NH_4OAc 0.1 M ที่ pH 7
- แคลเซียม-ฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$, Ca-P) = ฟอสเฟตที่สกัดได้โดย H_2SO_4 0.05 M ละลายด้วย ฟอสเฟตที่สกัดได้จาก EDTA 0.1 M และจาก NH_4OAc 0.1 M ที่ pH 7
- เคลย์-ฟอสเฟต (Clay-P) = ฟอสเฟตที่สกัดได้โดย NH_4OAc 0.1 M ที่ pH 7
- ฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (H_2O -P) = ฟอสเฟตที่สกัดได้โดยน้ำ

การทดลองในสนาม

มี 3 การทดลอง :

การทดลองที่ 1 : ปลูกรั้วเหลือง วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีการใส่ฟอสฟอรัสเป็น Main plot และเวลาของการทำปฏิกิริยาเป็น Sub plot สำหรับปัจจัยอื่นๆ ปล่อยให้ยู่ในสภาพธรรมชาติ ตัวอย่างดินและพืชเมื่อครบเวลาของการทำปฏิกิริยาจะถูกเก็บมาหาปริมาณของฟอสเฟตในรูปต่างๆ และฟอสเฟตที่พืชดูดขึ้นมาใช้ นอกจากนั้นในเดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 ก็เก็บตัวอย่างดินและพืชมาวิเคราะห์ด้วย.

การทดลองที่ 2 : วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อที่จะดูผลของระดับการใส่ฟอสฟอรัสที่มีต่อผลผลิตข้าวเหลือง.

การทดลองที่ 3 : ปลูกรั้วเหลืองลงในพื้นที่เดิมที่นำการทดลองที่ 2 โดยไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส เพื่อที่จะดูผลตกค้างและการปลดปล่อยฟอสเฟตออกมาในปีต่อไป.

ผลการทดลอง

การทดลองในห้องปฏิบัติการ

ผลการทดลองทั้ง 7 การทดลอง และปัจจัยจำนวน 5 ปัจจัยมีผลต่อกันดังนี้ : ปัจจัยปริมาณการใส่ฟอสฟอรัส และปัจจัยความเป็นกรด-เบส มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณของฟอสเฟตในรูปต่าง ๆ (Clay-P, Al-Fe-P, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{H}_2\text{O-P}$) ส่วนปัจจัยความชื้น อุณหภูมิ และเวลาในการทำปฏิกิริยาพบว่าไม่มีผลต่อปริมาณของฟอสเฟตในดิน นอกจากนั้นไม่พบปฏิกิริยารวม (interaction) ในระหว่างคู่ของปัจจัยต่าง ๆ เลย.

ผลของปริมาณการใส่ฟอสฟอรัสต่อ Clay-P, Al-Fe-P, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ และ $\text{H}_2\text{O-P}$

ผลของปริมาณการใส่ฟอสฟอรัสต่อรูปต่าง ๆ ของฟอสเฟตในดิน ในสภาพการณ์ที่มีปัจจัยบางอย่างแตกต่างกันแสดงไว้ในรูปที่ 2.1 2.2 2.3 และ 2.4.

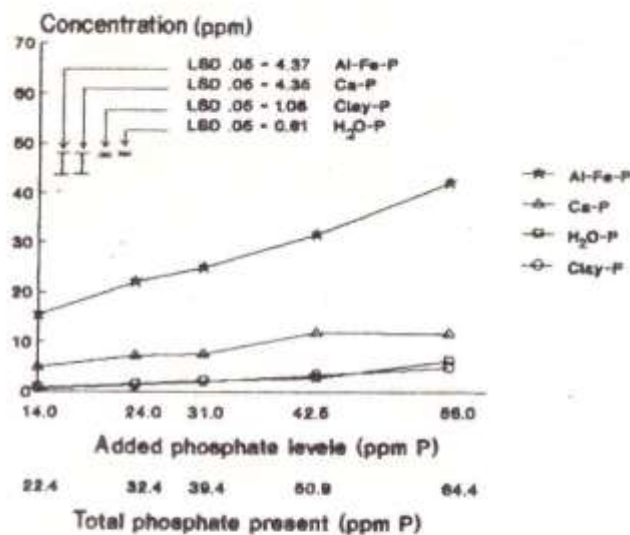


Figure 2.1. Amount of various phosphate forms when phosphate levels and pH are variable factors.

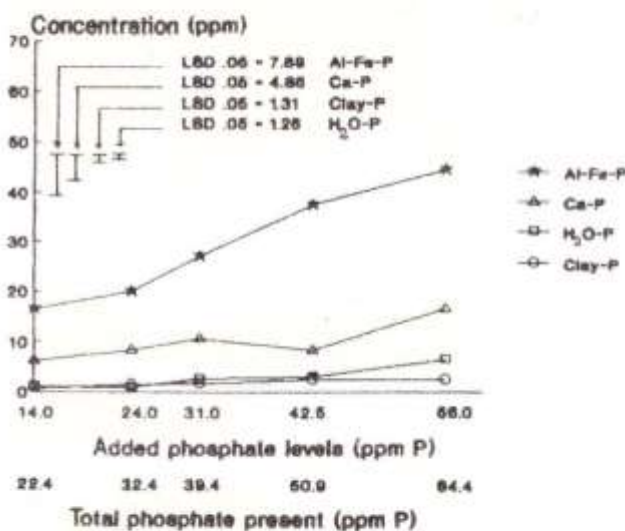


Figure 2.2. Amount of various phosphate forms when phosphate levels and soil moisture are variable factors.

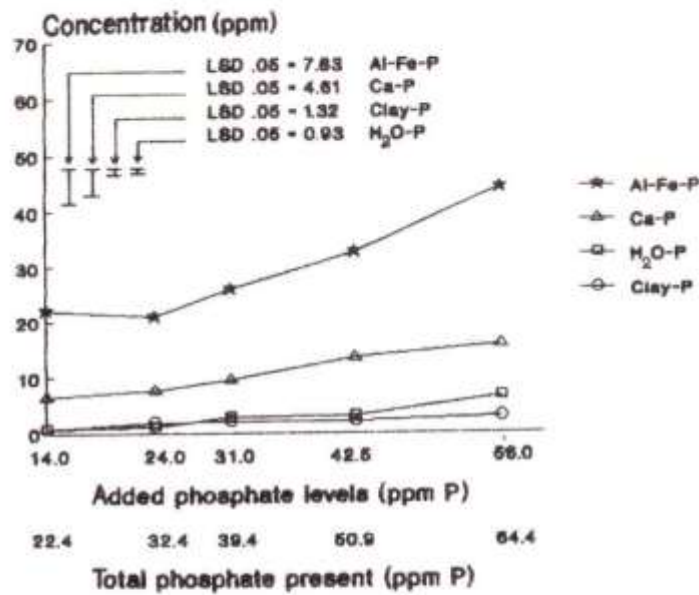


Figure 2.3. Amount of various phosphate forms when phosphate levels and soil temperature are variable factors.

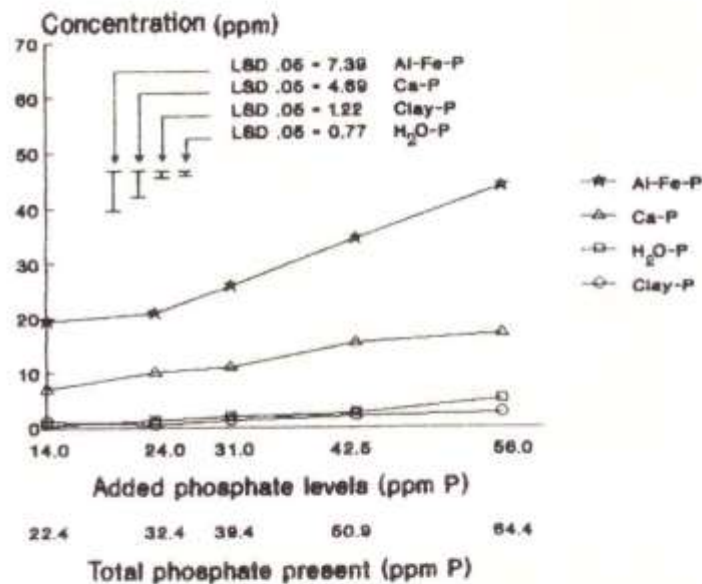


Figure 2.4. Amount of various phosphate forms when phosphate levels and time of reaction are variable factors.

จากรูปดังกล่าวทั้งหมดจะเห็นว่าแม้จะมีปัจจัยบางอย่างไม่เหมือนกัน แต่ผลการทดลองก็มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ เมื่อมีการใส่ฟอสฟอรัสมากขึ้นปริมาณที่ถูกตรึงโดยกระบวนการต่าง ๆ ในดินก็จะมากขึ้นด้วยโดยประมาณ 60-71 % ของฟอสฟอรัสที่เติมจะตกตะกอน ในรูปของ Al-Fe-P, 20-30 % จะตกตะกอนในรูปของ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ และน้อยกว่า 8 % จะถูกตรึงในรูปของ Clay-P ส่วนฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้มีประมาณ 2-10 % เท่านั้น.

ผลของความเป็นกรด-เบสต่อ Clay-P, Al-Fe-P, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ และ $\text{H}_2\text{O-P}$

รูปที่ 3.1 3.2 3.3 และ 3.4 แสดงผลของความเป็นกรด-เบสของดินต่อรูปต่าง ๆ ของฟอสเฟตในดิน ซึ่งก็มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด คือ ถ้าความเป็นกรด-เบสของดินต่ำกว่า 6.5 ประมาณ 70-79 % ของฟอสเฟตที่ถูกเติมลงไปจะถูกตรึงในรูปของ Al-Fe-P หลังจากนั้นถ้าความเป็นกรด-เบสของดินสูงกว่า 6.5 การตรึงในรูปของ Al-Fe-P ก็จะลดลงเนื่องจากอุณหภูมิมันและเหล็กจะตกตะกอนในรูปของไฮดรอกไซด์แทน ฟอสเฟตส่วนที่เหลือจากการถูกตรึงในรูปของ Al-Fe-P ก็จะถูกตรึงในรูปของ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ซึ่งมีประมาณ 18-30 % ส่วน Clay-P นั้นมีน้อยกว่า 11 % และเหลือฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ประมาณ 2-10 % เท่านั้น สำหรับการตรึงฟอสเฟตในรูป $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ จะเพิ่มขึ้นตามความเป็นกรด-เบสที่เพิ่มขึ้นซึ่งก็สอดคล้องกับทฤษฎี แต่ในการทดลองครั้งนี้พบความผิดปกติอย่างหนึ่งคือเมื่อความเป็นกรด-เบสของดินสูงมาก ๆ (7.5) กลับพบว่าปริมาณ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ลดลง ซึ่งไม่น่าเป็นไปได้ ดังนั้นสาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้นนี้อาจเนื่องมาจากประสิทธิภาพที่ลดลงของกรดที่ใช้สกัด $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ เมื่อดินมีความเป็นกรด-เบสสูง ทั้งนี้เพราะว่ากรดบางส่วนจะถูกใช้ไปในการทำปฏิกิริยากับไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีอยู่มากในดิน ทำให้ไม่สามารถสกัด $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ออกมาได้หมด จากกฎทรงมวลของสารนั้น เมื่อพิจารณารูปที่ 3.2 จะเห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าประมาณ 23 ppm ณ พีเอชที่ 4.5 5.5 หรือ 6.5 แต่ปริมาณที่กลับเหลือเพียง 17 ppm ที่พีเอช 7.5 ซึ่งแสดงปริมาณฟอสฟอรัสหายไป 6 ppm ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแท้จริงแล้ว 6 ppm ของฟอสเฟตไม่น่าจะหายไปไหน ก็คงอยู่ในรูป $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ซึ่งไม่อาจสกัดออกมาได้หมด เนื่องจากสารสกัดไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอนั่นเอง.

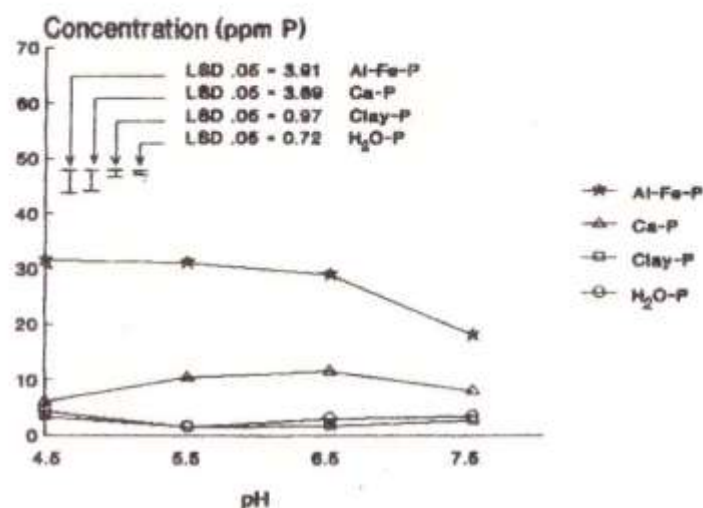


Figure 3.1. Amount of various phosphate forms when pH and phosphate levels are variable factors.

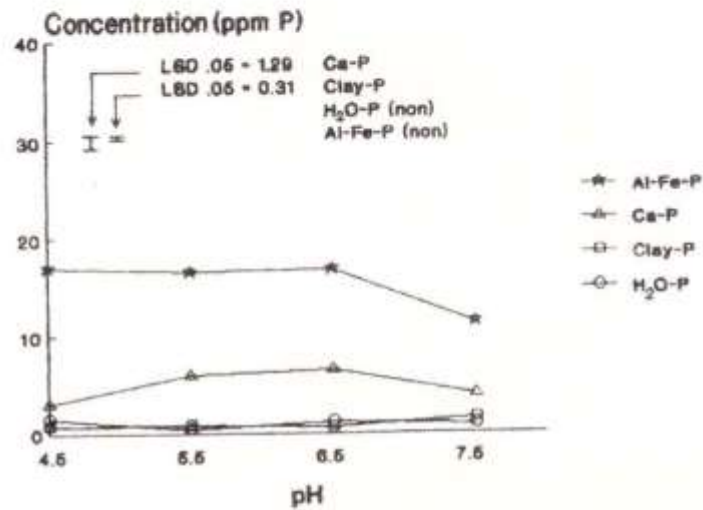


Figure 3.2. Amount of various phosphate forms when pH and soil moisture are variable factors.

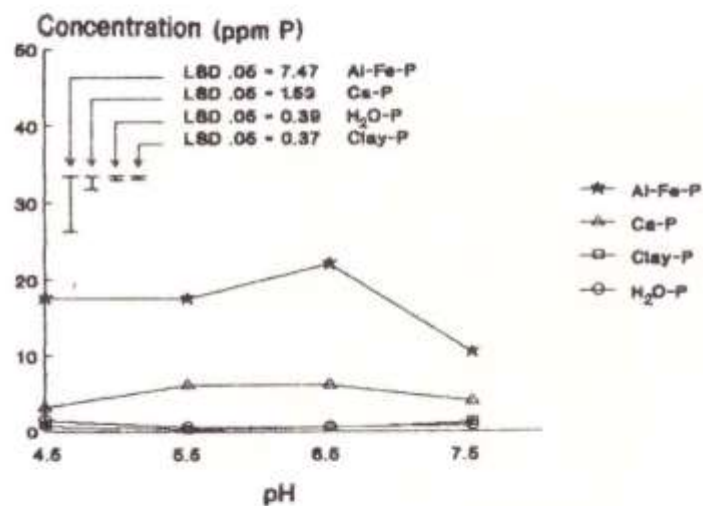


Figure 3.3. Amount of various phosphate forms when pH and soil temperature are variable factors.

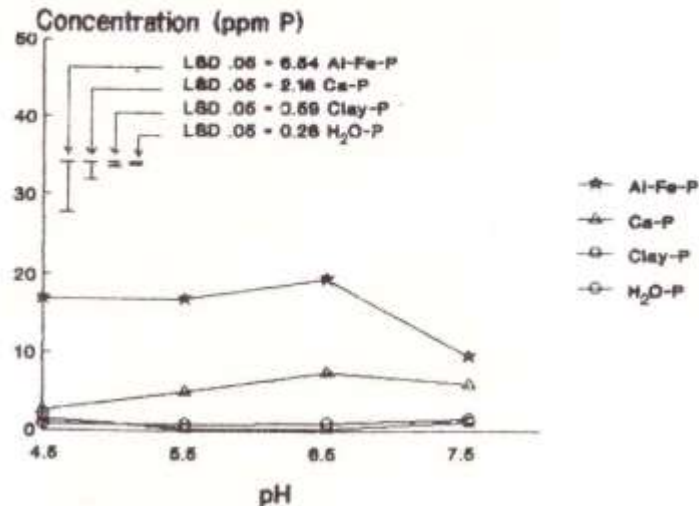


Figure 3.4. Amount of various phosphate forms when pH and time of reaction are variable factors.

ผลการทดลองในสนาม

การทดลองที่ 1 นั้น ดูผลของปริมาณการใส่ฟอสฟอรัสและเวลาที่มีต่อรูปต่าง ๆ ของฟอสฟอรัสในดินและต่อการดูดฟอสฟอรัสไปใช้ของพืช ปรากฏผลดังต่อไปนี้ :

ผลของปริมาณการใส่ฟอสฟอรัสต่อ Clay-P, Al-Fe-P, Ca₃(PO₄)₂, H₂O-P และ Cr-P* :

ปริมาณการใส่ฟอสฟอรัสมีผลต่อปริมาณของ Al-Fe-P และ Cr-P ในช่วงเดือนแรกเท่านั้น (รูปที่ 4) โดยจะเห็นว่าถ้าใส่ฟอสฟอรัสในปริมาณที่ต่ำ (< 31.5 ppm) ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชดูดไปใช้จะสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงในรูป Al-Fe-P แต่ถ้าใส่ฟอสฟอรัสมากกว่าการตรึงฟอสฟอรัสโดยอลูมิเนียม-เหล็ก ก็จะมีมากกว่าปริมาณที่พืชดูดไปใช้ นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชดูดไปใช้จะมีความสัมพันธ์ในทางตรงกับปริมาณฟอสฟอรัสที่เติมลงในดินจนถึงระดับ 31 ppm เท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบการตรึงฟอสฟอรัสโดยเหล็กและอลูมิเนียมที่ทำในสนามกับในห้องปฏิบัติการ พบว่าการตรึงโดยเหล็ก และอลูมิเนียมในสนามนั้นน้อยกว่าในห้องปฏิบัติการ สาเหตุเนื่องจากฟอสฟอรัสบางส่วนถูกพืชดูดแย่งไปใช้.

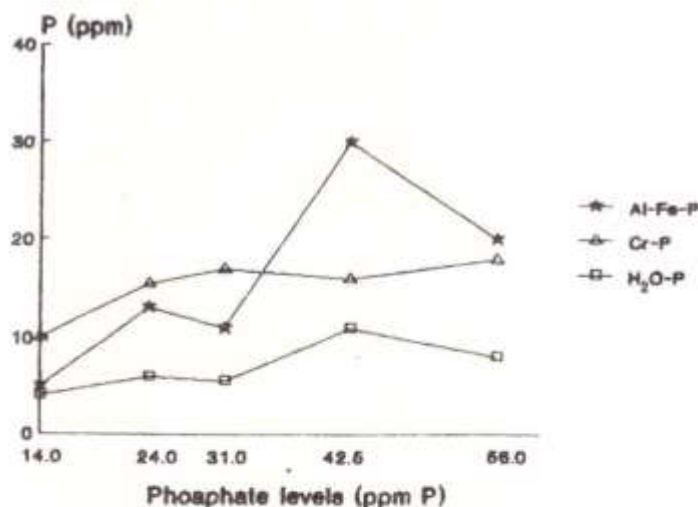


Figure 4. The effects of P levels on the amount of Al-Fe-P, Cr-P, H₂O-P in the first month.

* Cr-P คือปริมาณของฟอสฟอรัสที่พืชดูดไปใช้จากดิน

ผลของเวลาของการทำปฏิกิริยาคือ Clay-P, Al-Fe-P, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{H}_2\text{O-P}$ และ Cr-P^* :

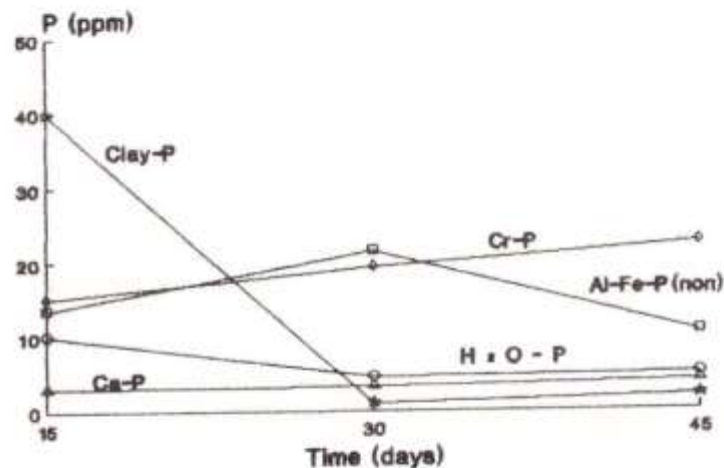


Figure 5. The effects of time on Clay-P, Cr-P and $\text{H}_2\text{O-P}$.

รูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าในระยะ 15 วันแรก ฟอสฟอรัสที่เติมลงไปส่วนใหญ่จะถูกตรึงในรูปของ Clay-P ซึ่งแตกต่างจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ ที่ส่วนใหญ่ฟอสฟอรัสจะถูกตรึงโดยเหล็กอลูมิเนียม ปรากฏการณ์ในสนามนี้ให้ผลเหมือนการทดลองที่ทำโดย โคคระกูด และคณะ (2527) ดังนั้นปริมาณ Clay-P ในดินในระยะแรกน่าจะเป็นผลรวมของฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงโดยเคลย์จริง ๆ กับฟอสเฟตที่ถูกดูดซับอยู่ที่พื้นผิวของเคลย์ แต่เนื่องจากฟอสเฟตที่ถูกดูดซับอยู่บนผิวของเคลย์สามารถที่จะหลุดออกไปได้ง่ายด้วยกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุลบ ดังนั้นเมื่อผ่าน 15 วันไปแล้วพืชเริ่มใช้ฟอสฟอรัสมากขึ้น ปริมาณ Clay-P จะลดลงอย่างรวดเร็วจากนั้นก็เริ่มคงที่ ส่วนปริมาณ Al-Fe-P ถึงแม้ว่าจะไม่แตกต่างกันเมื่อเวลาทำปฏิกิริยาต่างกันไป แต่โดยภาพรวมแล้วจะเห็นว่าฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในพื้นที่ส่วนใหญ่จะถูกตรึงในรูปของ Al-Fe-P ซึ่งจะเป็แหล่งใหญ่ที่ให้ฟอสฟอรัสแก่พืช (สุพจน์ และคณะ, 2527).

จากผลการทดลองที่ 1 จะสังเกตเห็นว่าปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของพืชจะขึ้นอยู่กับปริมาณการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเฉพาะในเดือนแรกเท่านั้น เป็นการแสดงให้เห็นว่าพืชมีความจำเป็นต้องใช้ฟอสฟอรัสมากในช่วงที่มีอายุน้อย เมื่ออายุมากขึ้นความจำเป็นในการใช้ก็จะลดลง ดังนั้นการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจึงควรใส่ตั้งแต่แรกปลูกพืช.

การทดลองที่ 2 นั้นเพื่อตรวจสอบของปริมาณการใส่ฟอสฟอรัสต่อผลผลิต ปรากฏว่า ไม่พบความแตกต่างระหว่างผลผลิต แสดงว่าปริมาณการใส่ฟอสฟอรัสเพียงแค่ 14 ppm (10 กก. P_2O_5 ต่อไร่) ซึ่งเป็นระดับที่ใช้แนะนำให้ใส่โดยทั่วไปนั้นเพียงพอเพียงสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ส่วนการทดลองที่ 3 นั้นเพื่อตรวจสอบค่าของปุ๋ยในปีต่อไปก็พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในผลผลิต ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระดับฟอสฟอรัสที่ใช้แนะนำกันโดยทั่วไป เมื่อใส่ลงไปในพื้นที่ฟอสฟอรัสบางส่วนจะถูกตรึงไว้และปลดปล่อยออกมาให้แก่พืชอย่างเพียงพอในปีต่อไปด้วย.

สรุป

ในดินร่วนซุยฟอสฟอรัสที่ไถลงไปในส่วนใหญ่มักจะถูกตรึงในรูป Al-Fe-P สำหรับการตรึงฟอสฟอรัสในรูปต่าง ๆ ในพื้นที่ที่มีการปลูกพืชนั้นพบว่าในระยะแรกของการไถปุ๋ย ฟอสฟอรัสจะถูกดูดซับอยู่บนผิวเคลือบเป็นส่วนใหญ่ เมื่อเวลาผ่านไปพืชจะดูดฟอสฟอรัสไปใช้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลไป ฟอสฟอรัสก็จะเปลี่ยนมาตกตะกอนในรูปของ Al-Fe-P ทำให้ส่วนใหญ่ของฟอสฟอรัสที่ไถลงไปปรากฏอยู่ในรูปของ Al-Fe-P ซึ่งผลสอดคล้องกับการทดลองในห้องปฏิบัติการ และเนื่องจากพืชที่เริ่มโตจะต้องการฟอสฟอรัสปริมาณสูง ดังนั้นจึงควรไถปุ๋ยฟอสฟอรัสในระยะแรกปลูก.

เอกสารอ้างอิง

- โตตระกูล, สุพจน์. (2526). หลักการของปฐพีเคมีวิเคราะห์. สำนักพิมพ์โอเคียน กรุงเทพฯ.
- โตตระกูล, สุพจน์, เทพสุวรรณ, เนาวรัตน์ และ พันธุ์สมบัติ, กนกพันธุ์. (2527). อิทธิพลของความชื้นและเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสเฟตที่ถูกตรึงในดินร่วนซุยทราย. รายงานเสนอคณบดีวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Bohn, H., Moneal, B. and O'Connor, G. (1979). Soil Chemistry. Wiley-Interscience.
- Greeland, D.J. and Hayes, M.H.B. (1981). The Chemistry of Soil Process John Wiley.
- Lindsay, W.L. (1979). Chemical Equilibria in Soils. A Wiley-Interscience.
- Walsh, L.M. and Beaton, J.D. (1973). Soil Testing and Plant Analysis. S.S.S.A. Inc.
- White, R.E. (1980). Retention and release of phosphate by soil and soil constituents. Soil and Agriculture, Vol. 2. Black Well Science.

อิทธิพลของฟอสเฟต ความเป็นกรด-เบสของดิน ความชื้นและอุณหภูมิที่มีต่อการดูดและการคายโบรอนในดิน

สุพจน์ ไตรระกุล¹ และ กนกพันธ์ พันธุ์สมบัติ¹

SORPTION AND DESORPTION OF BORON IN SOILS AS INFLUENCE BY PHOSPHATE, SOIL ACIDITY, MOISTURE, AND TEMPERATURE

Suphot Totrakool¹ and Kanokpan Pansombat¹

ABSTRACT : The studies of boron retaining and releasing of sandy loam soil (Renu soil series) and factors influencing the processes were conducted. The soil was collected from Mae Hea Agricultural Research Training Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. The results indicated that the boron sorption isotherm of this soil followed the Langmuir equation only on the range of 1-30 ug of added boron/g of soil. However, the isotherm was fitted with the Freundlich equation in all ranges of added boron studies. Moreover, the boron sorption and desorption of this soil showed hysteresis characteristic.

The preadded phosphorus to soil in order to fill the retention sites of soil minimized the retention of applied boron to the soil. The effects of the increase in moisture, temperature, and soil pH were found to increase the boron retention by the soil. However, there was no significant effect on boron retention at low moisture levels. The recommended treatments from interactions between and among factors influencing soil boron retention of this experiment are also suggested.

บทคัดย่อ : การศึกษาการดูดและการคายโบรอนและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกักตุนและการปล่อยของดินชุดเรนูซึ่งเป็นดินร่วนปนทราย จากสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหีย คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่า ไอโซเทอร์มการดูดโบรอนของดินชนิดนี้ เป็นไปตามสมการของแลงเมียร์ในช่วงของการเติมโบรอน 1-30 ไมโครกรัมต่อดินหนึ่งกรัมเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ไอโซเทอร์มดังกล่าวเข้าได้กับสมการของฟรอนด์ลิชได้ทุกช่วงของโบรอนที่เติม นอกจากนี้การดูดและการคายโบรอนของดินชนิดนี้ก็ยังแสดงลักษณะ ฮิสเทรีซิส.

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 50002.

¹ Department of Soil Science and Conservation, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50002.

การใส่ฟอสฟอรัสลงไปในดินก่อนไถไบรมน เพื่อให้ฟอสเฟตเข้าไปยึดครองตำแหน่งการตรึงไบรมนในดินนั้น ทำให้การตรึงไบรมนที่ใส่ลงไปในดินเกิดขึ้นน้อยที่สุด ส่วนผลของการเพิ่มขึ้นของความชื้น อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-เบสในดินนั้น พบว่า ทำให้การตรึงไบรมนของดินเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผลของความชื้นในดินต่อการตรึงไบรมนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับความชื้นต่ำ อันตรกิริยาระหว่างปุ๋ยของปัจจัย และกลุ่มของปัจจัยที่ควรนำไปใช้ก็ได้แสดงไว้.

คำนำ

ไบรมนเป็นธาตุหนึ่งใน 16 ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่พืชต้องการไบรมนในปริมาณน้อยมาก ดังนั้นถึงแม้ว่าดินในเขตร้อนชื้นซึ่งมีอัตราการสลายตัว สูงมากและมีการชะล้างสูง จะมีปริมาณไบรมนที่ละลายน้ำได้น้อย แต่พืชก็ยังเจริญเติบโตได้ดี ในดินบางชนิดที่เป็นดินเหนียวมีการระบายน้ำดี และมีการปลูกพืชติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ๆ ปริมาณของไบรมนในสารละลายดินจะลดลงอย่างมาก การปลูกพืชที่ไวต่อการขาดไบรมน หรือพืชที่ต้องการไบรมนในปริมาณสูง จึงมีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยไบรมนลงไปเพิ่มเติม (Tisdale and Nelson, 1966) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยไบรมนต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ ทั้งนี้เพราะว่าช่วงระดับของไบรมนในสารละลายดินที่จะทำให้พืชเกิดการขาดและเป็นพิษนั้นเป็นช่วงแคบมาก กล่าวคือปริมาณของไบรมนในดินที่ละลายน้ำได้ ซึ่งถือว่าเพียงพอสำหรับพืชไม่ควรน้อยกว่า 1 พีพีเอ็ม ในขณะที่ปริมาณที่จะทำให้พืชเป็นพิษคือประมาณ 3 พีพีเอ็มเท่านั้นเอง (Hesse, 1971) ด้วยเหตุนี้ การศึกษาพฤติกรรมและการคายไบรมนภายใต้อิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในดินจึงจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อที่จะได้จัดการใช้ไบรมนในดินอย่างมีประสิทธิภาพ.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ต้องการทราบถึงผลกระทบของอนุมูลฟอสเฟต ความเป็นกรด-เบสของดิน ความชื้น และอุณหภูมิต่อการดูดและการคายของอนุมูลโบเรตในดิน ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงวิธีการที่จะจัดการดินและน้ำ อันจะเป็นแนวทางในการเพิ่มความชื้นประโยชน์หรือลดการเป็นพิษของไบรมนในดินต่อพืช.

อุปกรณ์และวิธีการ

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินชุดเรณู ที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ ซึ่งมีสมบัติดังตารางที่ 1.

Table 1. The fundamental data of Renu soils.

Chemical properties	Value	Physical properties	Value
pH	5.9	Texture	Sandy Loam
OM (%)	2.72	Bulk Density (gm/ml)	1.36
CEC (me/100 gm)	11.94	H ₂ O holding capacity (WW) :	
Al (NH ₄ OAc pH 4.8) (ppm)	24.7	at 1/3 bar	19.36
Free Fe ₂ O ₃ (%)	1.1	at 1 bar	16.62
		at 3 bar	14.52

ไอโซเทอร์มการดูดและการคายไบรมน

ไอโซเทอร์มการดูดใช้ดิน 30 กรัม เติมสารละลายไบรมนซึ่งมีความเข้มข้นตั้งแต่ 0-100 ไมโครกรัม/มล. จำนวน 30 มล. เขย่าวันละ 2 ครั้ง ๆ ละ 30 นาที เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นนำไป centrifuge แล้วดูดสารละลายออกไป 15 มล. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไบรมนที่เหลืออยู่ หลังจากนั้นก็หาไอโซเทอร์มการคายต่อไป โดยเติม 15 มล. ของ 0.1 M CaCl₂ แล้วดำเนินการเขย่า Centrifuge และดูดสารละลายออกไป 15 มล. ทำเหมือนกับการหาไอโซเทอร์มการดูด จากนั้นก็ดำเนินการหาไอโซเทอร์มการคายซ้ำต่อไปอีก 3 ครั้ง.

การทดสอบปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดูดและคายโบรอน

การทดลองกระทำแบบ Factorial Experiment in completely randomized design กระทำ 5 ซ้ำ มี 4 ปัจจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้ :

1. pH 3 ระดับ คือ pH₁(5), pH₂(6), pH₃(7)
2. อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ T₁(25°C), T₂(30°C)
3. ความชื้น 3 ระดับ คือ M₁(1/3 bars), M₂(1 bar), M₃(3 bars)
4. รูปแบบการใส่โบรอนและฟอสฟอรัส 3 วิธี คือ BP₁(ใส่โบรอน และ ฟอสฟอรัสพร้อมกัน), BP₂(ใส่โบรอนก่อน 14 วัน แล้วใส่ฟอสฟอรัสตามไป), BP₃(ใส่ฟอสฟอรัสก่อน 14 วัน แล้วใส่โบรอนตามไป) โดยอัตราของโบรอนที่ใส่จะเลือกจาก Sorption isotherm (1 กก. B/ไร่) และอัตราของฟอสฟอรัสใส่ตามอัตราแนะนำให้ใช้โดยทั่วไป (10 กก. P₂O₅/ไร่).

ตัวอย่างแต่ละคำรับการทดลองจะทิ้งไว้ 30 วัน หลังจากนั้นหาปริมาณโบรอนที่มีอยู่ในสารละลายดินโดยปรับให้อัตราส่วนของดินต่อน้ำ = 1 : 1.

การวิเคราะห์โบรอนในสารละลาย ใช้วิธีการวัดการดูดคลื่นแสงของสารมีสีเชิงซ้อน Rubrocureumin ที่เกิดจากโบรอน และ Curcumin (Jackson, 1965).

ผลการทดลองและวิจารณ์

ไอโซเทอร์มการดูดและคายโบรอน

ผลการหาไอโซเทอร์มการดูดของโบรอน ตามสมการของ Langmuir (1) และ Freundlich (2) ในรูปของสมการเส้นตรง

$$\frac{C}{X/m} = \frac{1}{Kb} + \frac{C}{b} \quad \dots\dots\dots(1)$$

- C = ความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายที่สมดุล (โมโครกรัม/มล.)
 X/M = โบรอนที่ถูกดูดซับ (โมโครกรัม/กรัม)
 b = โบรอนที่ถูกดูดซับได้สูงสุด (โมโครกรัม/กรัม)
 k = ค่าคงที่อันเนื่องมาจากพลังงานพันธะของโบรอนกับดิน

$$\log (x/m) = \frac{\log C}{n} + \log K \quad \dots\dots\dots(2)$$

n, K = ค่าคงที่

นำไปเขียนกราฟแสดงให้เห็นในรูปที่ 1 และ 2 จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าข้อมูลการดูดซับโบรอนของดินที่ทำการทดลองเป็นไปตามสมการของ Langmuir ในช่วงตั้งแต่ 1-30 โมโครกรัม/มล. ของโบรอนที่เติมลงไป หลังจากนั้นแยกไปแล้วข้อมูลการดูดซับโบรอนจะเบี่ยงเบนออกไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Biggar and Fireman (1960) และ Elrashidi and O'Connor (1982) ส่วนรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลการดูดซับโบรอนของดินชนิดนี้สามารถใช้ได้กับสมการของ Freundlich ได้ตลอดความเข้มข้นที่ทำการทดลอง ซึ่ง Elrashidi และ O'Connor (1982) ก็ได้ผลการทดลองเช่นเดียวกันนี้.

ส่วนลักษณะของการปลดปล่อยโบรอนของดินจะแสดงได้ด้วยค่าดัชนีการปลดปล่อย (Desorption index, DI) ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้อัตราส่วนของ Freundlich slope (1/n) ของการดูดและการปลดปล่อย (n_{des}/n_{ads}) ถ้าหากว่าค่า DI=1 แสดงว่ากระบวนการดูดซับและปลดปล่อยเป็นกระบวนการผันกลับได้ ถ้าหากว่าค่า DI>1 ก็แสดงว่าการดูดซับและการปลดปล่อยแสดงปรากฏการณ์ hysteresis

ค่าความชื้นของการปลดปล่อยโบรอนนั้นได้มาจากค่าเฉลี่ยของความชื้นของ การปลดปล่อยโบรอนที่จุดที่ใส่โบรอนที่ระดับต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ 10, 30, 50, 70, 90 โมโครกรัม/มล. โดยที่ข้อมูลดังกล่าวแสดงไว้ในตารางที่ 2

Table 2. Desorption slope value at different added boron concentrations and their average value.

Added boron Concentration ($\mu\text{g/ml}$)	10	30	50	70	90	$\bar{X}$
$1/n_{\text{des}}$	0.444	0.224	0.220	0.227	0.219	0.267

จากรูปที่ 1 ค่าความชันของการดูดซับ ($1/n_{\text{ads}}$) = 0.903 ดังนั้น ค่า $DI = 0.903/0.267 = 3.38$ แสดงว่าการปลดปล่อยโบรอนในดินชนิดนี้แสดงปรากฏการณ์ Hysteresis ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Okasaki and Chao (1968) และ Elrashidi and O'Connor (1982) ซึ่งพบว่าปฏิกิริยาการปลดปล่อยโบรอนในดินส่วนใหญ่เป็นแบบ Hysteresis.

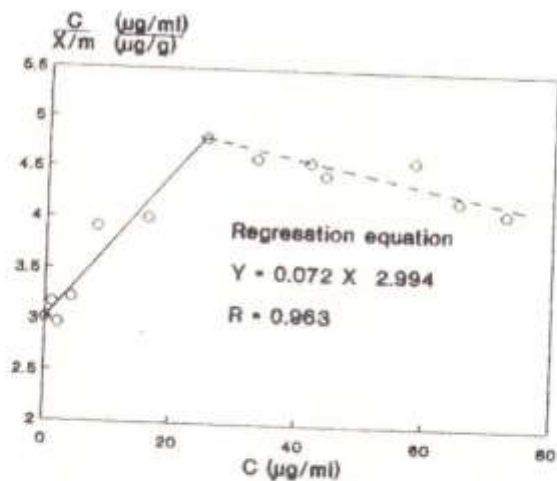


Fig. 1. Sorption isotherm of boron according to langmuir equation.

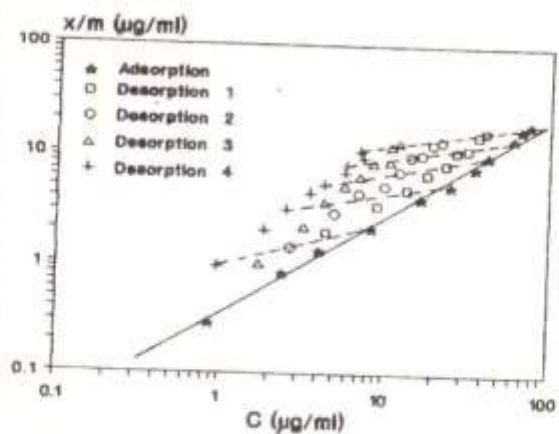


Fig. 2. Sorption and desorption isotherm according to Freundlich equation.

ผลของฟอสเฟต ความเป็นกรด-เบส ความชื้น และอุณหภูมิ ที่มีต่อการดูดและการคาย โบรอนในดิน

อิทธิพลของฟอสเฟต

รูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าถ้าใส่ฟอสฟอรัสไปก่อนการใส่โบรอน โบรอนจะถูกตรึงน้อยที่สุด เนื่องจากฟอสเฟตไปยึดครองตำแหน่งที่โบรอนจะถูกตรึงได้ก่อน ในขณะที่ถ้าใส่ปุ๋ยทั้งสองพร้อมกันก็จะมีการแข่งขันกันในการถูกตรึง ทำให้โบรอนมีโอกาสถูกตรึงเพิ่มขึ้น ดังนั้น การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงก่อนโบรอน ประมาณ 14 วัน จะลดการตรึงโบรอนได้มากที่สุด.

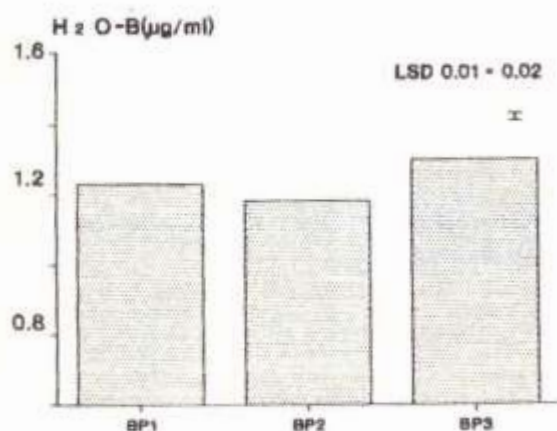


Fig. 3. The effect of phosphate on boron sorption.

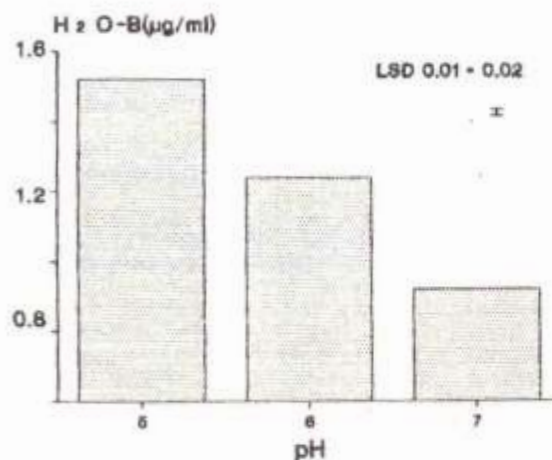


Fig. 4. The effect of soil pH boron sorption.

อิทธิพลของความเป็นกรด-เบส

จากรูปที่ 4 จะเห็นว่าเมื่อความเป็นกรด-เบส เพิ่มขึ้นจาก 5 จนถึง 7 การตรึงโบรอนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Hatcher *et al.* (1967), Sims and Bingham (1967) และ Okasaki and Chao (1968).

Karen and Gast (1983) ได้อธิบายว่าขณะที่ความเป็นกรด-เบสสูงขึ้นนั้น จะมีฮิวมิก-ไฮดรอกไซด์เกิดขึ้นใหม่ และฮิวมิก-ไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้นใหม่มีความสามารถตรึงโบรอนได้ดีในสภาพที่เอซสูง.

อิทธิพลของอุณหภูมิ

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 20°C เป็น 30°C การตรึงโบรอนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย (รูปที่ 5) ปรากฏการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีพลังงานกระตุ้น และผลการทดลองของ Bingham *et al.* (1971) ดังนั้น ในอุณหภูมิดินจะตรึงโบรอนน้อยกว่าในฤดูร้อน ทำให้มีโบรอนในสารละลายดินที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น.

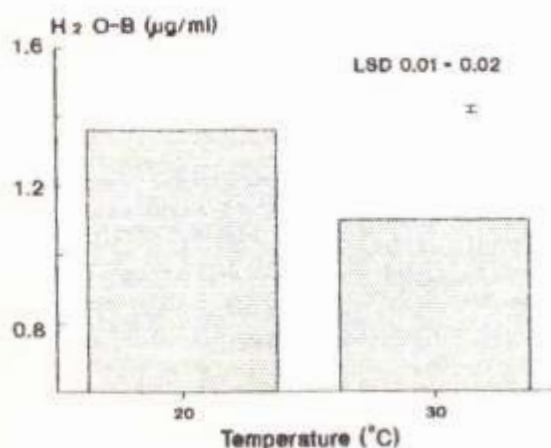


Fig. 5. The effect of soil temperature on boron sorption.

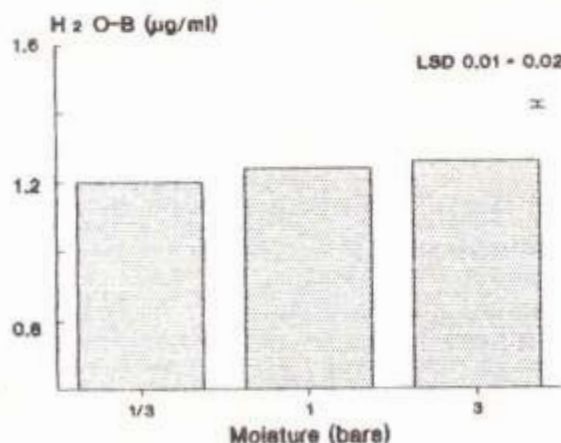


Fig. 6. The effect of soil moisture on boron sorption.

อิทธิพลของความชื้น

จากรูปที่ 6 ดินที่มีความชื้นที่แรงดูดยึดน้ำของดินเท่ากับ $1/3$ บาร์ จะสามารถตรึงโบรอนได้มากกว่าดินที่แห้งกว่าในระดับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ก็เนื่องจาก น้ำทำให้แร่ดินเหนียวขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้พื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยากับโบรอนเพิ่มมากขึ้น

อิทธิพลของอันตรกิริยา (Interaction)

อันตรกิริยาของปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ดินเรดรูตตรึงโบรอนไว้ได้น้อยที่สุด หรือมีโบรอนอยู่ในสารละลายดินมาก ทำให้เป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.

Table 3. The best treatments in reducing boron retention by soils.

Interaction among factors	Suggested treatments
Two factors :	
pH x T	pH ₁ x T ₁
BP x T	BP ₃ x T ₁
pH x M	pH ₁ x M ₃
	pH ₁ x M ₂
pH x BP	pH ₁ x BP ₃
BP x M	BP ₃ x M ₃
	BP ₃ x M ₂
Tree factors :	
T x pH x BP	T ₁ x pH ₁ x BP ₃
T x M x BP	T ₁ x M ₂ x BP ₃
Four factors :	
T x pH x M x BP	T ₁ x pH ₁ x M ₃ x BP ₃
	T ₁ x pH ₁ x M ₂ x BP ₃
	T ₁ x pH ₁ x M ₃ x BP ₂

สรุปผลการทดลอง

การดูดและการคายโบรอนในดินชุดเรดรูตซึ่งเป็นดินร่วนปนทราย แสดงลักษณะที่เป็นฮิสเทอรีซิส ซึ่งหมายความว่าดินชนิดนี้มีแนวโน้มที่จะตรึงโบรอนไว้ได้ค่อนข้างแข็งแรง ทำให้โบรอนที่ถูกดูดอยู่ไม่สามารถที่ถูกปลดปล่อยออกมาได้เท่าที่ควรหลังจากที่พืชดูดโบรอน บางส่วนในสารละลายดินไปใช้ ในกรณีที่ต้องการจะลดการตรึงโบรอนของดิน หรือต้องการทำให้โบรอนมีความเป็นประโยชน์มากขึ้น ก็อาจจะกระทำด้วยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงในดินก่อนการใส่ปุ๋ยโบรอนประมาณ 14 วัน นอกจากนั้นความเป็นกรด-เบสของดินก็ควรอยู่ในช่วง 5-6 แล้วแต่ชนิดของพืชที่จะปลูก ยิ่งไปกว่านั้นถ้าเป็นไปได้ก็ควรจะปลูกพืชในเขตที่มีอุณหภูมิค่าหรือในช่วงตั้งแต่ปลายฤดูฝนจนถึงฤดูหนาว.

เอกสารอ้างอิง

- Biggar, J.W. and Fireman, M. (1960). Boron adsorption and release by soils. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 24:115-120.
- Elrashidi, M.A. and O'Connor, G.A. (1982). Boron sorption and desorption in soils. *Soil. Sci. Amer. Proc. J.* 46:27-31.
- Hatcher, J.T., Bower, C.A. and Clark, M. (1967). Adsorption of boron by soils as influenced by hydroxy aluminum and surface area. *Soil. Sci.* 104:422-426.
- Hesse, P.R. (1971). *A Textbook of Soil Chemical Analysis*. William Clowers and Sons, Ltd., London, pp. 384-387.
- Jackson, M.L. (1965). *Soil Chemical Analysis*. Plentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J., USA.
- Karen, R. and Gast, R.G. (1983). pH-dependent boron adsorption by montmorillonite hydroxy-aluminum complexes. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 47:116-1121.
- Okasaki, E. and Chao, T.T. (1968). Boron adsorption and desorption by some Hawaiian soils. *Soil. Sci.* 105:255-259.
- Sims, J.R. and Bingham, F.T. (1967). Retention of boron by layer silicates, sesquioxides, and soil materials. I. Layer silicates. *Soil. Sci. Amer. Proc.* 31:728-732.
- Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. (1966). *Soil Fertility and Fertilizers*. 2nd ed. The Macmillan Company, pp. 311-317.
-

การศึกษาการปรับปรุงพันธุ์ลitchi โดยวิธีกระตุ้นให้เกิด
การกลายพันธุ์ I. การตอบสนองของเมล็ดลitchi
พันธุ์ฮงฮวยต่อรังสีแกมมา

อศิธร กระแสชัย ¹ และ ธวัชชัย รัตนชเลศ ¹

THE STUDIES ON *LITCHI SINENSIS* SONN IMPROVEMENT
THROUGH INDUCED MUTATION. I. THE RESPONSE OF
SEEDS VARIETY HONG HUAY TO GAMMA RAYS.

Adisorn Krasaechai ¹ and Tavatchai Radanachales ¹

ABSTRACT : The irradiation of gamma rays at 10, 20, 30, 40, 50 and 60 Gy at the dose rate of 6.68 Gy/min. to the fruit of *Litchi sinensis* Hong Huay and then the seeds were germinated. Seed germination was reduced from 80 % in the controlled to 60 % in the 20 Gy treatment. The irradiation at 60 Gy led to less than 20 % seeds germination. All levels of gamma rays induced abnormal leaf shape. However, leaf chimera was found at the irradiation level from 40 Gy.

บทคัดย่อ : การฉายรังสีแกมมาในปริมาณ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 Gy โดยมีอัตรารังสี 6.68 Gy/นาที ให้กับผลลitchi พันธุ์ฮงฮวย แล้วนำเมล็ดไปเพาะ พบว่าที่ปริมาณรังสี 20 Gy ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงเป็นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เมล็ดที่ไม่ได้รับรังสีจะมีความงอกประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดที่ได้รับปริมาณรังสี 60 Gy จะมีความงอกเหลือน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณรังสีทุกระดับทำให้ใบของต้นกล้ามีรูปร่างผิดปกติ ส่วนการเกิดลักษณะใบคางน้ไก้เกิดขึ้น ตั้งแต่ปริมาณรังสีที่ 40 Gy ขึ้นไป.

¹ ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50002

¹ Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002, Thailand

คำนำ

ลิ้นจี่ (*Litchi Chinensis* Sonn.) เป็นไม้ผลที่อยู่ใน Family Sapindaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตอนใต้ของประเทศจีน บริเวณมณฑลเสฉวน กวางเจา และยูนนาน ซึ่งแพร่ขยายเข้ามาในประเทศไทยสมัยรัตนโกสินทร์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2535) แหล่งปลูกที่สำคัญนอกจากที่ประเทศจีนแล้วยังมีแหล่งปลูกลิ้นจี่อีกหลายแหล่งที่ประเทศ เช่น ไต้หวัน, อินเดีย, อัฟริกาใต้, มลรัฐฮาวายประเทศสหรัฐอเมริกา ส่วนในประเทศไทยนั้นมีการปลูกที่จังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งนิยมปลูกพันธุ์หอมดำเจียก หรือค่อม ส่วนการปลูกในภาคเหนือมีการปลูกมากที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย พันธุ์ที่นิยมปลูกคือ พันธุ์ฮงฮวย, กิมเจ็ง, โอเอียง (ไชยตระกูลทรัพย์, 2522).

สำหรับความต้องการสภาพแวดล้อมของลิ้นจี่นั้น ลิ้นจี่ต้องการระยะที่ไม่ได้รับน้ำ เพื่อกระตุ้นให้เกิด Vegetative dormancy โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีอากาศเย็น เพื่อการกระตุ้นให้เกิดการแตกกิ่ง โดยทั่วไปต้องการอุณหภูมิระหว่าง $10-15^{\circ}\text{C}$ และปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 60-80 มม. ในช่วงฤดูหนาว ซึ่งขึ้นกับพันธุ์ที่ใช้ปลูก ในระหว่างการออกดอกนั้นลิ้นจี่ต้องการอากาศอบอุ่นพอประมาณ เพื่อช่วยให้เกิดการผสมเกสรที่ดี สมที่ร้อนและแห้งในระหว่างการบานดอกไม่เหมาะสมต่อการเกิดผล ความชื้นที่ต่ำเกินไปมีผลต่อการเกิดดอก สภาพอากาศร้อนชื้นเป็นสภาพที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญของผล และการเจริญเติบโตของต้น สภาพความชื้นต่ำ การได้รับลมร้อนและอุณหภูมิคืนที่ไม่คงที่ สามารถทำให้เกิดผลแตก และมีผลต่อผลผลิต ลิ้นจี่เป็นพืชที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม อาจกล่าวโดยทั่วไปได้ว่าภาวะที่จะเกิดผลที่ดีนั้น ลิ้นจี่ต้องการอากาศเย็นและแห้งในช่วงฤดูหนาว เพื่อชักนำให้เกิด Vegetative dormancy ก่อนการออกดอกและต้องการอากาศอบอุ่นในระหว่างการออกดอก และต้องการน้ำมากเพื่อการติดผล (Subhadrabandhu, 1990).

การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ เป็นวิธีการปรับปรุงพันธุ์พืชวิธีหนึ่งที่ได้มีการปฏิบัติกันในไม้ผลเมืองหนาวหลายชนิด โดย Broertjes and Van Harten (1979) ได้รวบรวมงานวิจัยการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืชต่างๆไว้อย่างกว้างขวาง เช่นในแอปเปิ้ล, สาลี่, บ๊วย, เชอร์รี่, โออีฟ, ท้อ และอื่น ๆ และในไม้ผลเมืองร้อนอีกหลายชนิด เช่น กลั้ว, ส้ม, มะม่วง และส้มแปะ ซึ่งบางงานวิจัยได้ค้นพบว่าการกลายพันธุ์ไปก็มีประโยชน์ในทางการค้า.

จุดประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้ก็เพื่อศึกษาถึงผลของการตอบสนองของเมล็ดลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยต่อปริมาณรังสีระดับต่าง ๆ เพื่อเป็นพื้นฐานของงานวิจัยด้านอื่นๆ ต่อไป.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

นำผลลิ้นจี่ที่ซื้อจากสวนเกษตรกร ที่ อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ ที่มีขนาดความกว้างเฉลี่ย 3.0 ซม. ความยาวเฉลี่ย 3.6 ซม. และมีน้ำหนักผลเฉลี่ย 19.6 กรัม ไปรับการฉายรังสีแกมมาจาก ^{137}Cs โดยเครื่อง Gammator ที่ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยปริมาณรังสี 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 Gy โดยมีอัตรารังสี 6.68 Gy/นาที่ แกะเนื้อของผลลิ้นจี่ทดลองทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับรังสีออกก่อนนำไปเพาะในกระบะทราย โดยมีเมล็ดลิ้นจี่ประมาณ 1 นิ้ว เมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2535 ทำการทดลองที่ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ผลการทดลองและวิจารณ์

การตอบสนองของเมล็ดลิ้นจี่ต่อปริมาณรังสี

การงอก

เมล็ดลิ้นจี่จะใช้เวลาประมาณ 9 วัน จึงเริ่มงอก จากข้อมูลที่ได้จากการนับจำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละวัน พบว่า ปริมาณรังสีตั้งแต่ 20 Gy ขึ้นไปทำให้การงอกลดลง และที่ปริมาณรังสี 60 Gy การงอกจะถูกยับยั้งอย่างมาก (ภาพที่ 1 และตารางที่ 1).

การศึกษาความยาวของส่วนยอดและส่วนราก เมื่อดันกล้ามีอายุได้ 32 วัน พบว่า ในระดับปริมาณรังสีที่สูงขึ้น มีผลทำให้ความยาวของทั้งยอดและรากลดลง (ตารางที่ 1).

Table 1. The effect of gamma irradiation on the germination ability of *Litchi chinensis* Hong Huay seeds, 32 days after starting the experiment.

Treatment (GY)	No. of irradiated seeds	No. of germinated seeds, percentage in parenthesis	No. of germinated seeds with shoots and roots	Germinated seed with roots only	Mean shoot length	Mean root length
Control	50	45 (90)	44	1	27.7	13.5
10	47	45 (95)	44	1	25.0	13.6
20	48	39 (81)	36	3	25.2	14.0
30	46	34 (74)	26	8	23.6	13.7
40	41	34 (83)	26	8	22.2	13.2
50	46	31 (67)	20	11	21.8	12.3
60	39	14 (36)	10	4	14.0	10.2

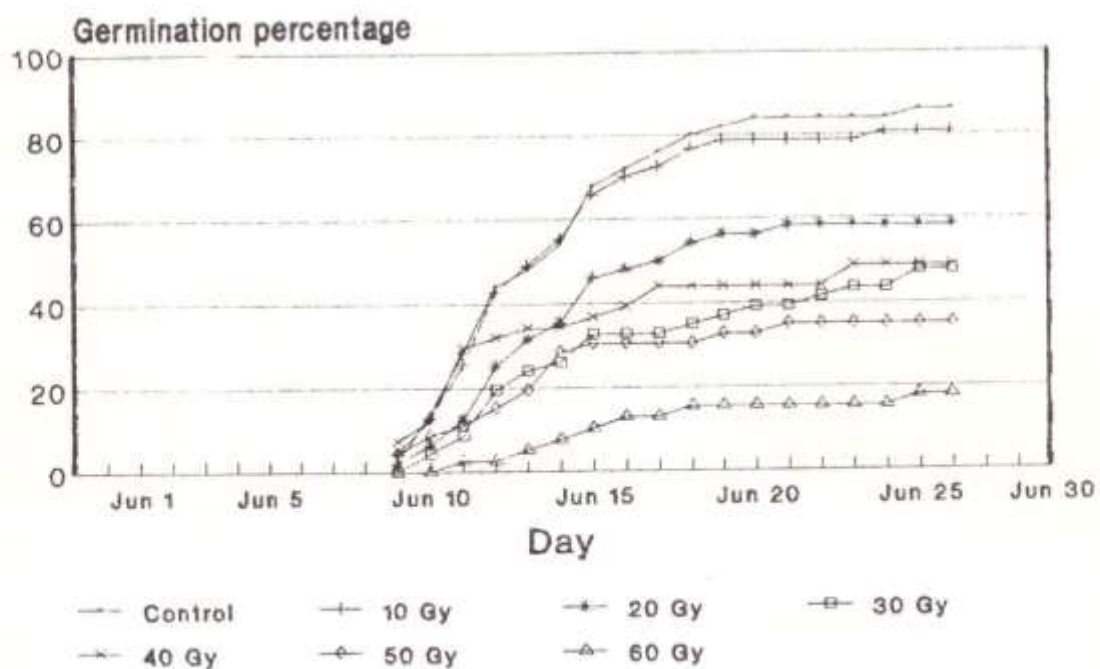


Figure 1. Germination percentage of *Litchi Chinensis* Hong Huay seeds. Fruits were irradiated with gamma rays.

ลักษณะผิดปกติของต้นกล้า

ต้นกล้าที่พัฒนามาจากเมล็ดที่ได้รับรังสีแกมมาทุกระดับรังสีแสดงลักษณะใบที่ผิดปกติ ส่วนอาการใบต่างระหว่างสีเขียวเข้มและสีเขียวอ่อน พบในต้นกล้าที่ได้รับปริมาณรังสีตั้งแต่ 40 Gy ขึ้นไป (ตารางที่ 2).

Table 2. The effect of gamma irradiation on the induction of leaf chimera of *Litchi Chinensis* Hong Huay seedling, 32 dyas after starting the experiment.

Treatment (GY)	No. of Observed seedling	No. seedling with malformed leaves	No. seedling showing leaf chimera
Control	45	0	0
10	45	5	0
20	39	6	0
30	34	4	0
40	34	11	1
50	31	9	4
60	14	1	1

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาค้นคว้านี้ทำให้ทราบถึงการตอบสนองของเมล็ดพันธุ์ต่อปริมาณรังสี และในอัตรารังสีที่ระบุไว้ ส่วนการที่ระดับปริมาณรังสีใดจะให้ผลดีที่สุดในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ขึ้นนั้น เป็นสิ่งที่จะต้องใช้เวลาหลายปีจนกว่าต้นที่พัฒนาขึ้นจากเมล็ดที่ได้รับปริมาณรังสีต่าง ๆ ดังกล่าวให้ดอกและติดผล ซึ่งจะนำไปสู่การคัดเลือกทางค้าต่าง ๆ ต่อไป การศึกษาเพื่อหาวิธีย่นระยะเวลาก่อนการให้ดอกและติดผลเป็นหัวข้อที่จำเป็น เพื่อที่จะนำไปสู่การประเมินผลที่เร็วขึ้น ซึ่งเป็นเป้าหมายที่ต้องการ.

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาลึกลงต่อไป.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยนี้ ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์ ภาควิชารังสีประยุกต์ และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการฉายรังสีเมล็ดพันธุ์.

เอกสารอ้างอิง

- ไชยตระกูลทรัพย์, ธวัชชัย. (2522). ลักษณะประจำพันธุ์บางอย่างของส้มจีทางภาคเหนือของประเทศไทย. วิทยุหาพิเศษ
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 25 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2535). การเกษตรของประเทศไทย จัดพิมพ์เนื่องในโอกาสครบรอบ 100 ปี กระทรวง
เกษตรและสหกรณ์. 176 หน้า.
- Broertjes, C. and Van Hartan, A.M. (1978). Application of mutation breeding methods in the improvement
of vegetatively propagated crops. Development in crop science (2). Elsevier Scientific Publishing
Company. 316 pp.
- Subhadrabandhu, S. (1990). Lychee and Longan cultivation in Thailand. Rumthai Publication, Bangkok,
Thailand. 40 pp.
-

การศึกษาการปรับปรุงพันธุ์ลำไยโดยวิธีกระตุ้นให้เกิด
การกลายพันธุ์ II. การพัฒนาของต้นที่เกิดจากการ
เพาะเมล็ดที่ได้รับรังสีแกมมา

อศิธร กระแสชัย¹ และ ธวัชชัย รัตนเชต¹

THE STUDIES ON *EUPHORIA LONGANA* (LOUR.) STEUD.
IMPROVEMENT THROUGH INDUCED MUTATION
II. THE DEVELOPMENT OF THE PLANTS GENERATED
FROM THE GAMMA RAYS IRRADIATED SEEDS.

Adisorn Krasaechai¹ and Tavatchai Radanachaless¹

ABSTRACT : The development of *Euphoria longana* Daw plants generated from gamma rays irradiated seeds from 5-70 Gy. 16 months after planting is studied. There are differences in height, canopy width and stem diameter in each level of radiation. However, there are no differences between levels of radiation when means of those parameters are considered. There are two plants which are morphologically difference between the controlled. Flowers of these two year-old plants are not yet observed.

บทคัดย่อ : การศึกษาการพัฒนาของต้นลำไยพันธุ์ดอที่เกิดจากเมล็ดที่ได้รับรังสีแกมมา ตั้งแต่ 5-7 Gy หลังจากปลูก 16 เดือน พบว่าต้นในแต่ละระดับของรังสีมีความแตกต่างกันทางด้านความสูง ทรงพุ่ม และ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น แต่เมื่อเปรียบเทียบจากค่าเฉลี่ยของทุกต้น และทุกหัวข้อที่ศึกษาในแต่ละระดับของรังสี พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน พบต้น 2 ต้น ที่มีลักษณะภายนอกที่แตกต่างไปจากต้นควบคุม ยังไม่พบต้นที่ออกดอกให้ผลในปีที่ 2 นี้.

¹ ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50002.

¹ Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002, Thailand.

คำนำ

ลำไยเป็นพืชในเขตอบอุ่น ที่มีการปลูกอยู่ในประเทศไทยไม่ต่ำกว่า 120-150 ปีมาแล้ว โดยเริ่มปลูกในเขตจังหวัดพระนคร ธนบุรี นนทบุรี และสมุทรสงคราม และต่อมาได้แพร่ขยายไปทางภาคเหนือ โดยมีการปลูกกันมากที่สุด ที่จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2535) พันธุ์ลำไยโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ลำไยธรรมดา และลำไยกระโหลก โดยลำไยกระโหลก เป็นประเภทที่นิยมบริโภค โดยพันธุ์ต่างๆ ไม่น้อยกว่า 10 พันธุ์ (สุนันท์, 2528) แต่มีพันธุ์การค้าที่สำคัญ 4 พันธุ์คือ พันธุ์คอก หรือฮ้อย พันธุ์แห้ว พันธุ์เบี้ยวเขียว และพันธุ์ชุมพู่

ปัญหาสำคัญที่ชาวสวนประสบอยู่ก็คือ การออกดอก และติดผลไม่สม่ำเสมอทุกปี บางปีก็มีการออกดอกและติดผลดี แต่บางปีก็ไม่ออกดอกเลย ซึ่งมีผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกรผู้ปลูกเป็นอย่างมาก (เสถียรสวัสดิ์ และคณะ, 2514) และปัญหานี้ก็ยังคงมีอย่างต่อเนื่องมาในปัจจุบัน

ลำไยเป็นไม้ผลที่อยู่ใน Family Sapindaceae มีถิ่นกำเนิดในบริเวณที่ราบต่ำของประเทศอินเดีย ศรีลังกา พม่า และจีนตอนใต้ (ระมิงค์วงศ์, 2528) ทางด้านการปรับปรุงพันธุ์โดยการคัดเลือกพันธุ์นั้น นอกจากประเทศจีนแล้ว ยังมีที่ประเทศไทย ไต้หวัน และสหรัฐอเมริกาที่มีการศึกษาในเรื่องนี้อยู่ โดยมีจุดประสงค์หลักของการคัดเลือกเพื่อให้ได้ผลขนาดใหญ่ รสชาติดี กลิ่นหอม เนื้อผลกรอบหวาน ออกดอกสม่ำเสมอ และผลผลิตสูง สำหรับจุดประสงค์อื่นๆ ที่มีการรวมเข้าไว้ได้แก่ การที่ผลจะมีอายุยืนบนต้นได้นาน และไม่เน่าเสียง่ายภายหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากนั้นในปัจจุบัน ผลลำไยสามารถนำไปบรรจุกระป๋องเพื่อผลิตในเชิงอุตสาหกรรมได้ จึงต้องการเชื้อลำไยที่เป็นสีขาว (Subhadrabandhu, 1990).

ทางด้านการปรับปรุงพันธุ์ที่ได้ทำโดยนักวิชาการไทยนั้น เริ่มประมาณ พ.ศ. 2519 จากการประกวดคัดเลือกหาพันธุ์ลำไยที่ปลูกเป็นการค้า แต่ละพันธุ์สามารถออกดอกติดผลดก และผลมีคุณภาพต่างๆ ปี โดยให้คุณภาพทั้งกล่าวติดต่อกัน 3 ปี (ละของศรี, 2528) อย่างไรก็ตาม กุณนาถ และสังข์ทอง (2528) ได้ให้ความเห็นว่า วิธีการดังกล่าวนับว่าเป็นสิ่งที่ดี แต่ควรคัดเลือกหาต้นที่ดีจากลำไยต้นเพาะเมล็ด เพราะต้นเพาะเมล็ดย่อมมีโอกาสกลายพันธุ์ได้มาก ซึ่งอาจทำให้ได้พันธุ์ที่ดีเพิ่มขึ้น เนื่องจากการคัดเลือกที่มุ่งคัดจากต้นลำไยที่ปลูกจากกิ่งตอนนั้น โอกาสที่จะได้พันธุ์ใหม่ๆ ย่อมมีน้อยมาก ต้นที่คัดเลือกได้อาจไม่ใช่ต้นที่ให้ผลดกสม่ำเสมอเพราะลักษณะของพันธุ์ แต่เป็นผลเนื่องจากการดูแลรักษาสภาพเดิม และน้ำรอบๆ ต้นลำไยนั้นก็เป็นได้ ซึ่งตรงกับที่ Subhadrabandhu (1990) กล่าวว่า ต้นที่ได้จากการเพาะเมล็ดจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง แต่มีข้อเสียที่มักจะทำให้ผลที่มีขนาดเล็ก โดยที่ลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมโดยยีนเด่น

ทางด้านการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ในลำไยนั้น กระแสชัย และคณะ (2534) ได้รายงานถึงผลของปริมาณรังสีแกมมา ที่มีต่อการพัฒนาของเมล็ดลำไยพันธุ์คอก โดยปริมาณรังสีตั้งแต่ 30 Gy ขึ้นไป ทำให้การงอกช้าลง และจำนวนต้นที่งอกได้ลดลง โดยที่ปริมาณรังสีตั้งแต่ 70 Gy จะยับยั้งการงอกของเมล็ด ส่วนในกิ่งตอนนั้น พบว่าปริมาณรังสีตั้งแต่ 40 Gy ขึ้นไป มีผลต่อการงอกของพันธุ์ชุมพู่ เบี้ยวเขียว และคอก และพบว่ารังสีแกมมาทำให้เกิด Leaf chimera ทั้งในต้นกล้า และกิ่งตอน

ส่วนการศึกษาการปรับปรุงพันธุ์ไม้ผล โดยวิธีกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืชอื่น ๆ นั้น พบว่าในการเกิด Gene mutation ในแอปเปิ้ล ($2n = 2x = 24$) พันธุ์ Golden Delicious ทำให้ผลซึ่งเดิมมีสีเขียวกลายเป็นสีแดง Granhall (1953) พบว่า เมื่อใช้รังสีเอกซ์ที่ 5 KR กับ Scion ของแอปเปิ้ลที่อยู่ในระยะพักตัว พบว่าต้นที่มีระดับโครโมโซม 3n และ 4n จะทนต่อปริมาณรังสีได้มากกว่าต้น 2n และเมื่อนำ Scion ที่ได้รับรังสีไปติดบนต้นคอ พบว่ามีความสำเร็จประมาณ 50% เมื่อเทียบกับกลุ่ม Control ที่ทำสำเร็จประมาณ 80% ส่วนการศึกษาทางด้านการใช้รังสีนิวตรอนนั้น พบว่า การใช้กิ่งที่อยู่ในระยะพักตัวที่ยาว 7-9 นิ้ว ที่ปริมาณ 5.4×10^8 นิวตรอน/ชม/วินาที² ในช่วงเวลา 2-8 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปทาบกิ่งต่อไป ทำให้เกิดลักษณะ Bifurcation มากกว่ารังสีเอกซ์ 2 เท่า ที่ปริมาณรังสีเดียวกัน.

Campbell และ Lacey (1973) ใช้วิธีการฉายรังสีแกมมา 5-10 k rad กับส่วนยอดของต้นกล้าที่มีอายุ 1 ปี โดยหุ้มส่วนโคนไว้ด้วยแผ่นตะกั่ว Lacey (1977) ใช้รังสีแกมมาจาก ⁶⁰Co โดยมีอัตรารังสี 1.5 k rad/ชั่วโมง กับกิ่งพันธุ์ แล้วจึงนำไปติดตา และได้ต้นที่กลายพันธุ์ไปเป็นต้นเดียว.

ทางด้านการศึกษาในท่อนั้น Hough และ Weaver (1959) ใช้รังสีแกมมาจาก ⁶⁰Co ในรูปแบบของ gamma field และได้พบต้นที่เกิดจากการกลายพันธุ์หลายต้น นอกจากนี้ยังมีรายงานของการเกิดการกลายพันธุ์ โดยวิธีกระตุ้นนี้ในไม้ผลอื่น ๆ เช่น สาลี่ โออีฟ เชอร์รี่ และในไม้ผลอื่น ๆ อีกหลายชนิด.

จุดประสงค์ของรายงานฉบับนี้ก็เพื่อให้ทราบถึง การเจริญเติบโตของต้นลำไยที่พัฒนามาจากเมล็ดที่ได้รับรังสีแกมมาในปริมาณต่าง ๆ กัน.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การฉายรังสีเมล็ดลำไยและการทดสอบของเมล็ดลำไยต่อปริมาณรังสีระดับต่าง ๆ ตั้งแต่ 5 Gy - 90 Gy ได้ระบุไว้อย่างละเอียดแล้วใน กระแสชัย และคณะ (2534) การย้ายปลูกต้นที่อยู่วัยคืบไปยังแปลงปลูก ใช้วิธีการปลูกแบบแถวคู่ โดยมีระยะระหว่างต้น 1.50 เมตร และระยะระหว่างแถว 2.0 เมตร โดยมีระยะระหว่างแถวคู่ 2.80 เมตร ซึ่งตรงกลางมีร่องระบายน้ำกว้าง 80 ซม. และลึก 60 ซม. ปลูกต้นลำไยทั้งหมดแบบ Completely Randomized Design (unequal replication) ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 3 เดือน.

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเจริญเติบโต

การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโต ภายหลังจากการย้ายปลูกลงในแปลงทดลองเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางด้านความสูง ความกว้างของทรงพุ่ม และเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นของต้นลำไยที่พัฒนามาจากเมล็ดที่ได้รับรังสีในปริมาณต่าง ๆ และต้นควบคุม สำหรับอัตราเจริญเติบโต

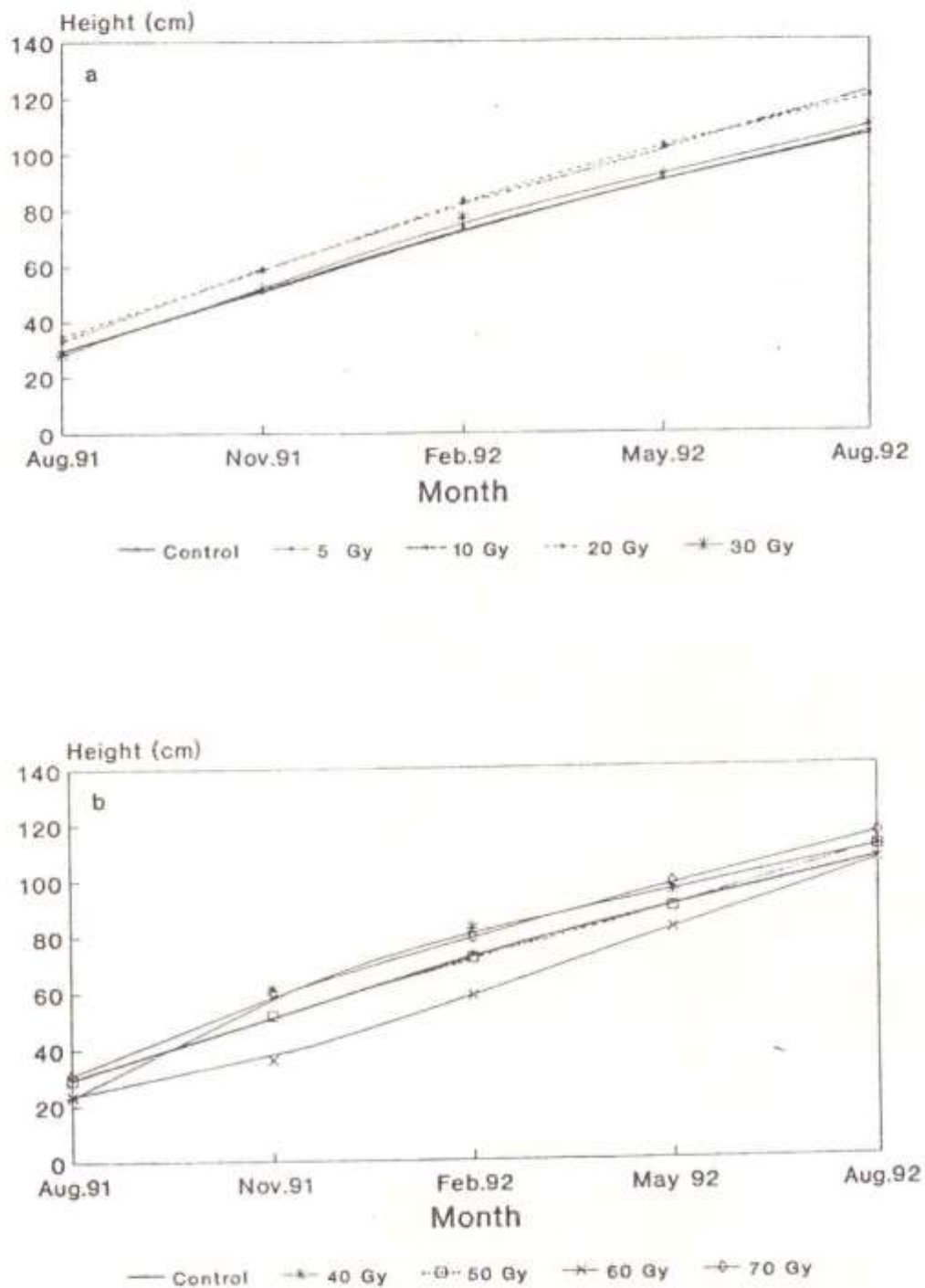


Figure 1. Growth rate (height) of *Euphoria longana* Daw plant, 1 year after planting. a) 5-30 Gy and b) 40-70 Gy treatments.

ทางค้ำความสูงในรอบ 1 ปี แสดงในภาพที่ 1 ส่วนความกว้างของทรงพุ่ม แสดงในภาพที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ต้นที่ได้เกิดจากเมล็ดที่ได้รับปริมาณรังสี 70 Gy มีขนาดทรงพุ่มที่มากกว่าต้นใน Treatment อื่น ๆ นั้น คงจะเนื่องมาจากการที่มีจำนวนที่ค้ำมากคือ มีเหลือรอยค้ำอยู่เพียง 1 ค้ำ ตั้งข้อมูลที่ตั้งแสดงในตารางที่ 1 ทางค้ำด้านผ่าศูนย์กลางของลำต้นนั้น จากการเก็บข้อมูล 3 ครั้งในรอบ 7 เดือน มีแนวโน้มที่แสดงให้เห็นว่า ต้นที่พัฒนาจากเมล็ดที่ได้รับปริมาณ 30 Gy มีขนาดใหญ่กว่าต้นใน treatment อื่น ๆ เล็กน้อย ดังแสดงในภาพที่ 3.

Table 1. Number of *Euphoria longana* Daw seedling 5 weeks after germination and young plants after 16 months in the experimental plot.

Dose (Gy)	No. of Seedlings	No. of plants remaining after 16 months in the experimental plot
0	46	31
5	44	34
10	43	35
20	43	38
30	40	38
40	25	23
50	7	6
60	6	5
70	1	1

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าต้นที่พัฒนามาจากเมล็ดที่ได้รับปริมาณรังสีต่างกัน จะมีค่าเฉลี่ยของความสูงที่ใกล้เคียงกัน และใกล้เคียงกับ Control ในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตก็ตาม แต่ในแปลงทดลองจะเห็นว่า ต้นที่พัฒนามาจากเมล็ดที่ได้รับระดับรังสีหนึ่ง ๆ จะมีความสูงของต้นที่ค่อนข้างจะแตกต่างกัน ตั้งแต่สูงสุดจนถึงต่ำสุด ดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งเป็นความสูงของการวัดครั้งล่าสุดของต้นทุกต้น ในระดับปริมาณรังสีหนึ่ง ๆ.

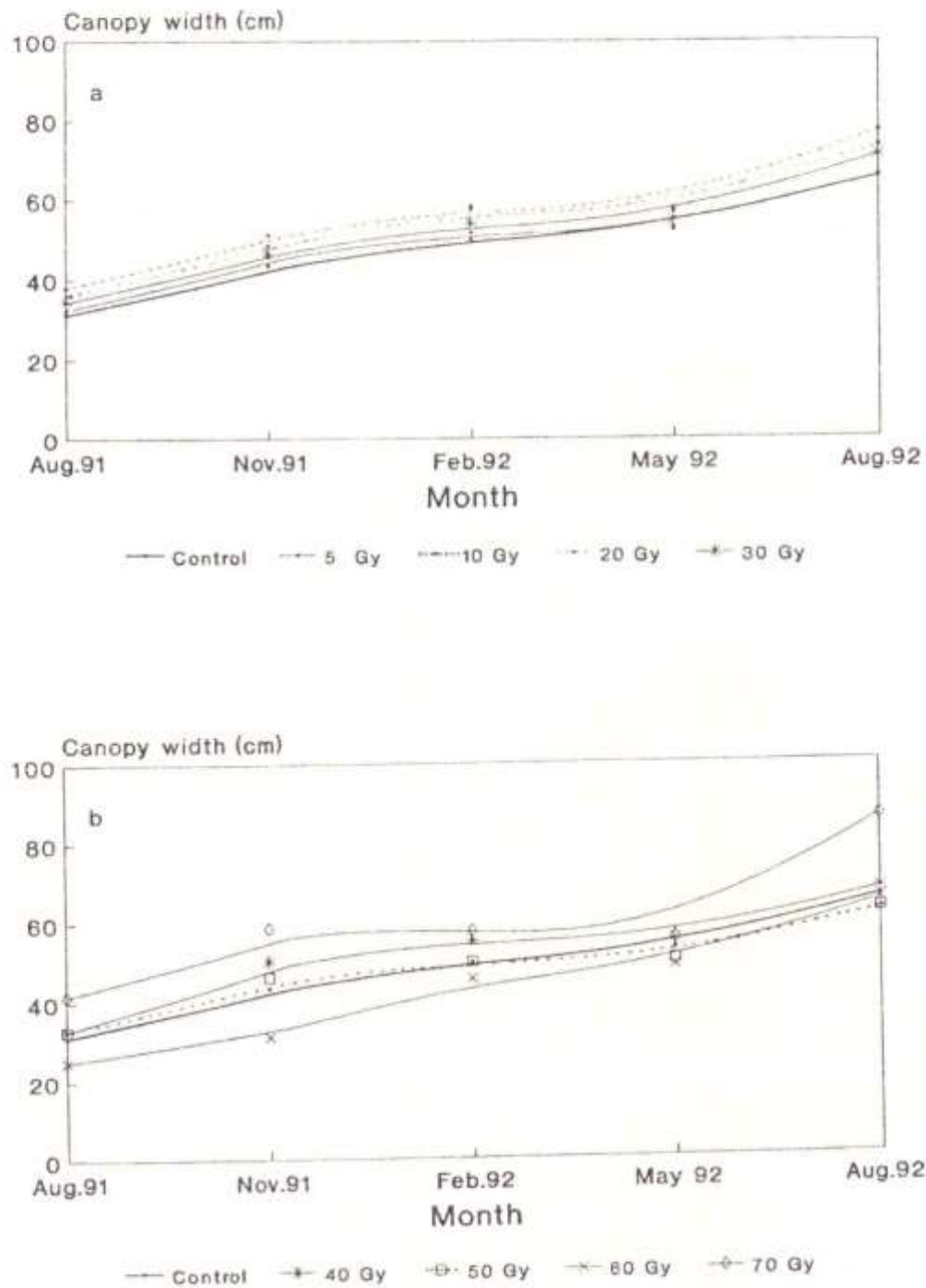


Figure 2. Growth rate (canopy width) of *Euphoria longana* Daw plant, 1 year after planting. a) 5-30 Gy and b) 40-70 Gy treatments.

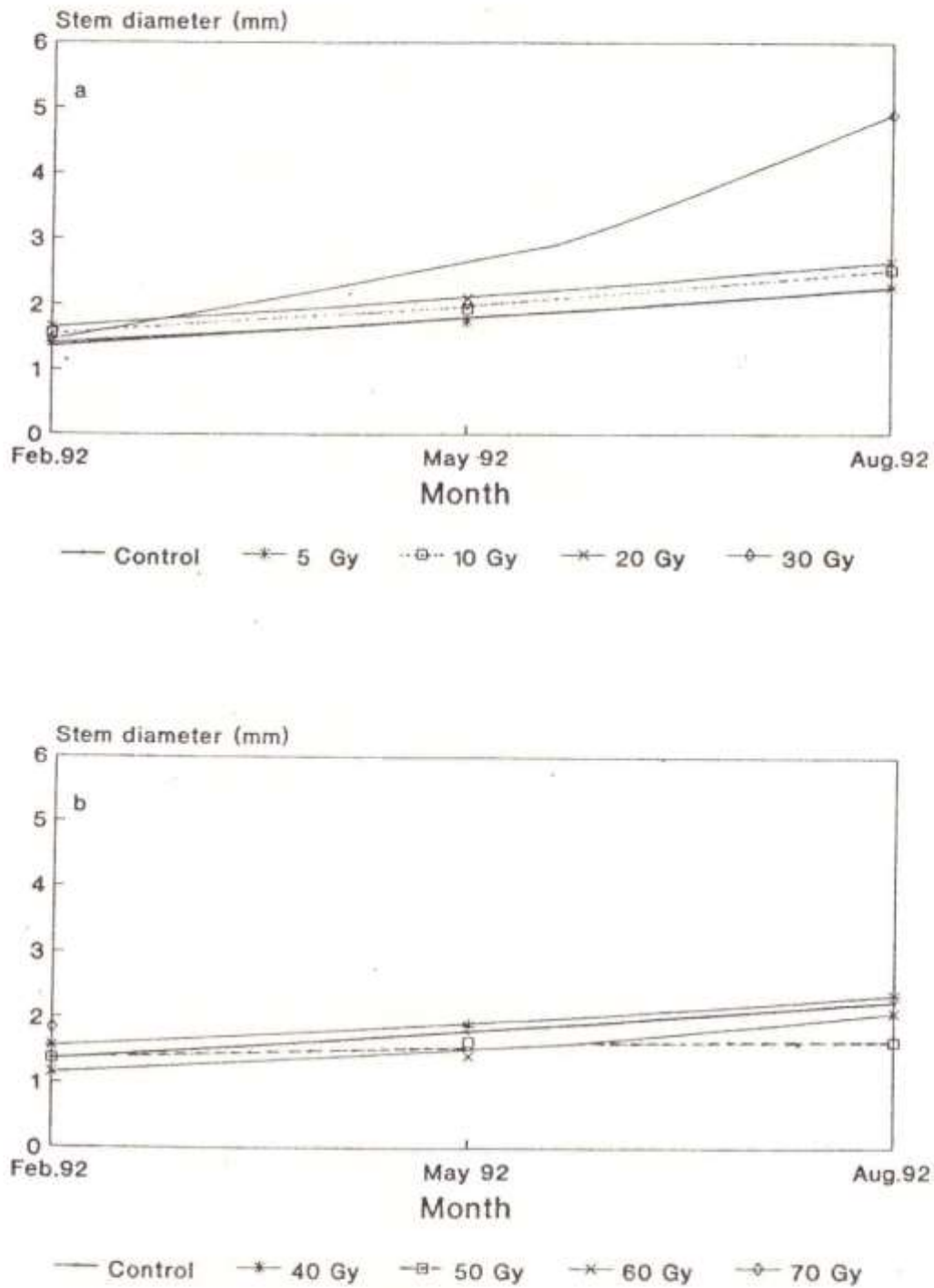


Figure 3. Growth rate (Stem diameter) of *Euphoria longana* Daw plant, 1 year after planting. a) 5-30 Gy and b) 40-70 Gy treatments.

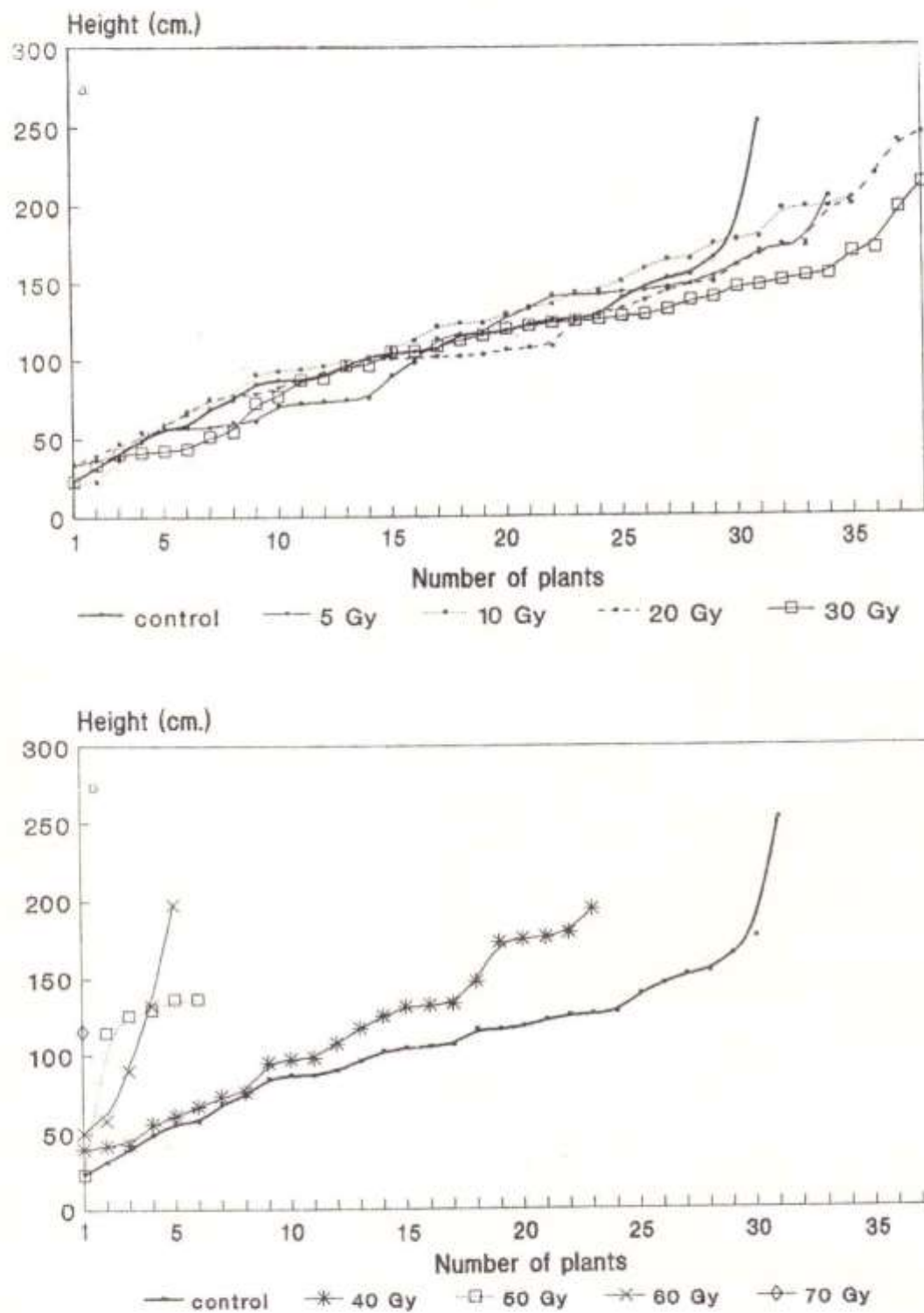


Figure 4. Plant height of every single plants in each level of irradiation and control at the last measurement a) from 5-30 Gy and b) from 4-70 Gy.

การศึกษาลักษณะที่ต่างไปจากต้น Control

จากการสำรวจต้นในแปลงปลูก เพื่อหาลักษณะที่แตกต่างไปจากต้นควบคุม จากจำนวนต้นที่ปลูกทั้งหมด 211 ต้น พบว่า มีต้นที่พัฒนาจากเมล็ดที่ได้รับปริมาณรังสี 20 Gy 1 ต้น และ 30 Gy อีกหนึ่งต้นที่แสดงลักษณะภายนอกที่แตกต่างออกไปจากต้นอื่นๆ คือ ลักษณะใบเรียวเล็ก และมีสีเขียวเข้ม ผลจากการวัด Compound leaf 1 ชุด แสดงให้เห็นว่า ใบจะกว้างน้อยกว่าใบปกติ โดยศึกษาจากอัตราส่วนของความยาว : ความกว้าง ที่มีค่าสูงกว่า ดังตารางที่ 2.

Table 2.- Length to Width ratio of leaves of *Euphoria longana* Daw generate from gamma rays irradiated seed and controlled.

Treatment	Length (mm)	Width (mm)	L/W Ratio
30 Gy	16.0*	4.2*	3.8
Controlled	14.4**	5.0**	2.9

* mean of 8 leaves

** mean of 12 leaves

การแตกกิ่งแขนง

จากการบันทึกลักษณะการแตกกิ่งแขนงของต้นทดลองทั้งหมด สามารถจำแนกรูปแบบของการแตกแขนงออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ ต้นที่ไม่มีการแตกกิ่งแขนงคือ เจริญขึ้นไปเป็นลำต้นเดี่ยว ๆ กับอีกลักษณะหนึ่งคือ มีการแตกแขนง ซึ่งเกือบจะทั้งหมดแตกแขนงออกจากบริเวณส่วนล่างของลำต้น ข้อมูลของการแตกกิ่งแขนงแสดงในตารางที่ 3.

การออกดอก และติดผล

ข้อมูลทางด้านการออกดอก และติดผลเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญ ที่จะนำไปสู่การคัดเลือกพันธุ์ เพื่อเสาะหาลักษณะที่ดีกว่าที่เป็นอยู่เดิม เนื่องจากว่า ปัญหาสำคัญที่สุดของการผลิตลำไยเป็นการค้า ก็คือการออกดอกเร็ว 1 ปี หรือหลายปี ส่วนลักษณะอื่นๆ ที่เป็นที่ต้องการติดตามมาก็คือ ลักษณะผลโต และเมล็ดมีขนาดเล็ก ลักษณะต้นแค้ว ลักษณะกิ่งที่เหนียว ทนต่อการหักขาดเนื่องจากลมพายุ และลักษณะอื่น ๆ.

Table 3. Branching of the irradiated and controlled of *Euphoria longana* Daw. 21 months after starting the experiment.

Treatment (Gy)	No. of Plants recorded	No. of plants with sideshoot (Percentage in parenthesis)				
		0	1	2	3	4
Control	31	9 (29)	14 (45)	5 (16)	1 (3)	2 (6)
5	34	10 (29)	15 (44)	4 (12)	5 (14)	-
10	35	7 (20)	16 (45)	11 (31)	1 (3)	-
20	38	11 (29)	9 (23)	13 (34)	3 (7)	2 (5)
30	38	8 (21)	16 (42)	11 (29)	3 (7)	-
40	23	7 (30)	10 (43)	3 (13)	1 (4)	2 (8)
50	6	1 (16)	2 (33)	3 (50)	-	-
60	5	3 (60)	2 (40)	-	-	-
70	1	-	1 (100)	-	-	-

แต่อย่างไรก็ดี ในการทดลองครั้งนี้ซึ่งครบปีที่ 2 ยังไม่มีต้นทดลองต้นใดที่แทงช่อดอกให้เห็น ซึ่งนับว่าเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการทดลอง.

ความพยายามในการย่นระยะเวลาการออกดอกให้ปรากฏเร็วที่สุด ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้เริ่มศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะนำยอดของต้นทดลองในแต่ละ Treatment ไปทาบกิ่งกับกิ่งของต้นที่ได้จากการตอน เนื่องจากได้พบว่าต้นที่ปลูกลงจากกิ่งตอนสามารถที่จะให้ดอกได้ในระยะเวลาอันสั้นมาก ซึ่งอาจเป็นภายในปีเดียวกัน เพื่อศึกษาว่าวิธีการดังกล่าวจะช่วยทำให้ต้นที่พัฒนาขึ้นมาจากเมล็ดออกดอกได้หรือไม่.

ผู้วิจัยจึงได้เริ่มปลูกลำไยจากกิ่งตอนลงในแปลงปลูก ตั้งแต่เดือนสิงหาคม เป็นต้นมา และคาดว่าจะเริ่มทำการทาบกิ่งของยอดของต้นใน Treatment ต่าง ๆ ในเดือนมกราคม 2536 เพื่อศึกษาการพัฒนาของต้นดังกล่าว ซึ่งจะได้รายงานผลการศึกษานี้ในรายงานฉบับต่อไป.

สรุป

ผลการติดตามการพัฒนาของต้นที่พัฒนามาจากเมล็ดลำไย ทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับรังสีในปีที่ 2 นี้ พบว่า ต้นในแต่ละ Treatment มีความแตกต่างกันทางด้านความสูง โดยมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกัน แต่อย่างไรก็ตาม พบลักษณะภายนอกบางลักษณะที่ต่างไปจากลักษณะประจำพันธุ์เดิม ซึ่งจะต้องติดตามดูต่อไปว่าจะเป็นประโยชน์ทางการปรับปรุงพันธุ์หรือไม่.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ทุนวิจัยสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ คิดขอบคุณเป็นพิเศษปีที่ 4 ซึ่งถ้าหากไม่ได้รับการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องเช่นนี้ ก็จะไม่สามารถทำงานวิจัยที่ต้องใช้ระยะเวลานานเช่นนี้ ให้สำเร็จลงได้.

เอกสารอ้างอิง

- ระมิงค์วงศ์, เกศณี. (2528). การจำแนกไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ภูวนาสถ, ประทีป และ สิงห์ทอง, ธิดา. (2528). แนวทางเพิ่มผลผลิตลำไย. หนังสือประกอบการสัมมนาเรื่อง การพัฒนาลำไยเพื่อการส่งออก. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 54 หน้า.
- เสถียรสวัสดิ์, วิวัฒนา., บุญศรี, ปวิณ., สิมังกร, ธาศาศิริ. และ อุณหะนาค, อมรวิทย์. (2515). การใช้สารเคมีบางชนิดควบคุมการออกดอกของลำไย. วารสารพืชสวน 7(4) : 25-34.
- ละอองศรี, สุพันธ์. (2528). ทานูจักลำไยพันธุ์ของไทยแล้วหรือยัง. หนังสือประกอบการสัมมนาเรื่อง การพัฒนาลำไยเพื่อการส่งออก. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 54 หน้า.
- สุรพันธ์, สุภัทราพันธุ์. (2528). สาเหตุที่ทำให้ผลผลิตของลำไยต่ำ. หนังสือประกอบการสัมมนาเรื่อง การพัฒนาลำไยเพื่อการส่งออก. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 54 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2535). การเกษตรของประเทศไทย จัดพิมพ์เนื่องในโอกาสครบรอบ 100 ปี กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 176 หน้า.
- กระแสงชัย, อธิกร., รัตนเสถศ, ธวัชชัย. และ แพทย์วิบูลย์, วไลลักษณ์. (2534). การศึกษาการปรับปรุงพันธุ์ลำไยโดยวิธีกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ I. ผลของปริมาณรังสีแกมมาต่อการพัฒนาของเมล็ดและกิ่งตอน. วารสารเกษตร 7(2) : 154-167.
- Cambel, A.I. and Lacey, C.N.D. (1973). Compact mutants of Bramley's seedling apple induced by gamma irradiation. J. Hortic. Sci. 48 : 397-402.

- Granhad, I. (1953). X-rays mutations in apples and pears. *Hereditas.* 39 : 149-155.
- Hough, L.F. and Weaver, G.M. (1959). Irradiation as an aid in fruit variety improvement. I. Mutations in the peach. *J. Hered.*, 50(2) : 59-62.
- Lacey, C.N.D. (1977). The mutation spectrum of Cox's Orange Pippin resulting from gamma irradiation. In : *Eucarpia Meet., Tree Fruit Breeding*, Wageningen, 1976, pp. 46-52.
- Subhadrabandhu, S. (1990). *Lychee and Longan Cultivation in Thailand*. Rurthai Publication, Bangkok, Thailand. 40 pp.
-

ผลของวันปลูกถั่วดำที่ปลูกเหลื่อมข้าวโพดต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชทั้งสองภายใต้สภาพที่ค่อนอาศัยน้ำฝน

อรรณพ คณาเจริญพงษ์¹

EFFECT OF PLANTING DATES OF BLACKBEAN (*VIGNA UNGUICULATA* L.) ON GROWTH AND YIELD AS RELAY CROPS IN CORN UNDER RAINFED UPLAND AREA

Annop Kanachareonpong¹

ABSTRACTS : The experiment was conducted at Mae Hia Agricultural Research Station and Training Center, Chiang Mai University. The objective of the study was to investigate on the effect of blackbean planting date on growth and yield in corn/blackbean relay cropping under rainfed upland area. Planting dates of blackbean were 60, 70, 80, 90 and 100 days after corn emergence. The result showed that yield and yield components of corn in all relay cropping planting dates were not significantly different, average yield were 5,703.1-5,828.6 kg/ha. Blackbean in relay cropping of 60 days gave the highest yield 878.1 kg/ha and at 60, 70 days gave higher yield than that of the sole blackbean in all planting dates. Growth in terms of dry matter, crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR) and leaf area index (LAI) were markedly reduced as the crop planting date was delayed. The land equivalent ratio (LER) of all relay cropping planting dates were more than 1.

บทคัดย่อ : การทดลองได้กระทำที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหิยะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวันปลูกถั่วดำที่ปลูกเหลื่อมข้าวโพดต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชทั้งสองภายใต้สภาพที่ค่อนอาศัยน้ำฝนโดยปลูกถั่วดำเหลื่อมข้าวโพดที่ 60, 70, 80, 90 และ 100 วันหลังข้าวโพดออก ผลการทดลองพบว่าผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดของการปลูกเหลื่อมที่ทุกวันปลูกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 5,703.1-5,828.6 กก/เฮกตาร์ การปลูกถั่วดำเหลื่อมข้าวโพดที่ 60 วัน ให้ผลผลิตสูงสุด 878.1 กก/เฮกตาร์ และการปลูกเหลื่อมที่ 60, 70 วัน ให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกโดยลำพังที่ทุกวันปลูก การเจริญเติบโตในแง่ของการสะสมน้ำหนักแห้ง อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตต่อพื้นที่ใบ และดัชนีพื้นที่ใบ มีค่าลดลงอย่างเห็นชัดตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไป ค่า LER ที่ทุกวันปลูกมีค่ามากกว่า 1.

¹ สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหิยะ, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

¹ Mae Hia Agricultural Research Station and Training Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002.

คำนำ

พื้นที่ดอนอาศัยน้ำฝนในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยมีลักษณะทางกายภาพ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยภูเขาตลิ่งชันเนินสูงต่ำ มีที่ราบขนาดเล็กและขนาดกลางกระจายอยู่ทั่วไป (TAWLD, 1985) แต่การทำเกษตรในพื้นที่ดังกล่าวมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ เช่น สมรรถนะของดิน ปริมาณและการกระจายของฝน ประกอบกับสภาพพื้นที่ลาดชันทำให้ดินถูกชะล้างพังทลายได้ง่าย เป็นเหตุให้ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม อนึ่ง การเพาะปลูกพืชส่วนใหญ่จะปลูกเพียงครั้งเดียวในช่วงฤดูฝน เพราะมีข้อจำกัดของช่วงฤดูปลูกทำให้การปลูกพืชอื่น ๆ ในลักษณะต่อเนื่องเป็นไปได้ยาก (Yee and Sujani, 1985) ด้วยเหตุนี้ การปลูกพืชร่วมกันน่าจะจะเป็นหนทางหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างไรก็ตามการปลูกพืชร่วมกันอาจทำให้มีการแข่งขันเพื่อใช้ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น (Donald, 1963) แต่การแข่งขันอาจลดลงได้หากมีการจัดการที่เหมาะสม เช่น การปลูกพืชเกี่ยวกันและกันในเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีดังกล่าวก็คือการนำเอาพืชตระกูลถั่วมาปลูกเหลื่อมกับพืชหลัก เพราะว่าพืชตระกูลถั่วสามารถช่วยรักษาหรือเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ โดยผ่านกระบวนการตรึงไนโตรเจน (ทุกักติ, 2528) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวันปลูกกล้าเมื่อปลูกเหลื่อมข้าวโพดที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อจะลดการแข่งขันกับข้าวโพด ขณะเดียวกันก็มิทำให้ผลผลิตของข้าวโพดลดลงมากหรือลดลงในระดับที่สามารถชดเชยจากผลผลิตของถั่วได้ ซึ่งจะนำไปสู่การใช้พื้นที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองกระทำที่ สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหิยะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมิถุนายน 2532 - มีนาคม 2533 วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีวันปลูก 5 วันปลูกคือ ปลูกกล้าข้าวระหว่างต้นข้าวโพดที่ระยะ 60, 70, 80, 90 และ 100 วันหลังข้าวโพดออก และปลูกกล้าข้าวโดยดำหว่านเป็นแปลงตรวจสอบ การปลูกข้าวโพดใช้พันธุ์สุวรรณ 1 มีระยะระหว่างแถวและต้นเป็น 75 และ 25 ซม จำนวน 1 ต้น/หลุม สำหรับในระบบการปลูกเหลื่อมจะปลูกกล้าข้าวระหว่างต้นข้าวโพดโดยใช้พื้นที่หนึ่งไร่มีระยะปลูกเช่นเดียวกับข้าวโพด จำนวน 3 ต้น/หลุม ส่วนในแปลงถั่วที่ปลูกโดยดำหว่านโดยใช้ระยะปลูกและจำนวนต้น/หลุม เช่นเดียวกัน ทำการสุ่มตัวอย่างพืชเพื่อหาน้ำหนักแห้ง และพื้นที่ใบทุกๆ 10 วัน โดยเริ่มต้นครั้งแรกหลังจากพืชงอกแล้ว 10 วัน เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการเจริญเติบโต (Crop growth rate, CGR) คำนวณพื้นที่ใบ (Leaf area index, LAI) อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ (Net assimilation rate, NAR) และบันทึกพลังงานของแสงเพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของแสงถึงต้นถั่ว (Light penetration) บันทึกผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต คำนวณการเก็บเกี่ยว (Harvest index, HI) รวมทั้งคำนวณค่า Land equivalent ratio (LER) และค่า Area time equivalent ratio (ATER) สำหรับข้าวโพดทำการตรวจวัดผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต.

ผลการทดลองและวิจารณ์

การสะสมน้ำหนักแห้ง (ต้น+ใบ), อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ดิน (CGR), อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ (NAR) และ คำนวณพื้นที่ใบ (LAI)

การสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของถั่วที่วันปลูกต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($P < 0.01$) ทั้งการปลูกเหลื่อม และปลูกโดยดำหว่าน แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปลูกเหลื่อมกับการปลูกโดยดำหว่าน (ที่วันปลูกเดียวกัน) พบว่า การปลูกถั่วโดยดำหว่านมีผลทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($P < 0.01$) ในแง่ของอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ดิน (CGR) พบว่าค่า CGR สูงสุดแตกต่างกันขึ้นกับวันปลูก โดยสองวันปลูกแรกมีค่าสูงสุด และสูงกว่าวันปลูกอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($P < 0.01$) แต่เมื่อเปรียบเทียบในระหว่างการปลูกเหลื่อมกับการปลูกโดยดำหว่าน (ที่วันปลูกเดียวกัน) พบว่าทุกๆ วันปลูกให้ค่า CGR สูงสุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) สำหรับกรณีของการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ (NAR) พบว่าทั้งสองวันปลูกแรกให้ค่า NAR สูงสุดและแตกต่างจากวันปลูกอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($P < 0.01$) ทั้งการปลูกเหลื่อม และปลูกโดยดำหว่าน แต่เมื่อเปรียบเทียบที่วันปลูกเดียวกันพบว่าการปลูกเหลื่อมที่สามวันปลูกแรกมีค่า NAR สูงกว่าการปลูกโดยดำหว่านอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($P < 0.01$) ในแง่ของพื้นที่ใบ (LAI) พบว่าพื้นที่ใบสูงสุดของวันปลูกต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกัน

ทางสถิติโดยตามวันปลูกแรกมีค่าสูงสุดทั้งการปลูกเห็ดหอม และปลูกโดยลำพัง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับที่วันปลูกเดียวกันพบว่าเฉพาะสามวันปลูกแรกเท่านั้นที่มีผลทำให้ถั่วดำที่ปลูกโดยลำพังมีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดสูงกว่าการปลูกเห็ดหอมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 1).

Table 1. Maximum dry matter accumulation (DM), crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR) and leaf area index (LAI) of blackbean at five planting dates in corn/blackbean relay cropping and sole cropping.

Planting date (days after corn emergence)	DM (g/m ²)	CGR (g/m ² /d)	NAR (g/m ² /d)	LAI
Relay cropping				
60	593.52	13.57	34.32	3.28
70	482.90	12.74	32.75	3.23
80	173.55	4.71	22.18	2.29
90	42.76	1.14	7.26	0.93
100	37.03	0.99	6.48	0.91
Sole cropping				
60	571.85	12.43	26.25	4.59
70	520.00	11.70	25.10	4.53
80	224.52	4.44	9.82	3.63
90	94.36	2.42	8.54	1.73
100	70.15	1.74	6.36	1.63
F-test	**	**	**	**
LSD 0.05	2.72	1.36	2.48	1.22
LSD 0.01	3.67	1.84	3.35	1.64
CV(%)	0.68	14.25	9.55	31.36

** significantly different at 1% level

การส่องผ่านของแสง (Light penetration)

มีแนวโน้มว่าทุกวันปลูกของการปลูกเห็ดหอมในช่วงแรก ๆ ของการเจริญเติบโตมีค่าต่ำกว่าการปลูกโดยลำพัง และมีค่าลดลงเป็นลำดับตามอายุที่เพิ่มขึ้น (ดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น) ทั้งการปลูกเห็ดหอม และปลูกโดยลำพัง แต่อัตราการลดลงแตกต่างกันโดยพบว่าการปลูกเห็ดหอมมีแนวโน้มลดลงในอัตราค่อนข้างช้าและสม่ำเสมอ ในขณะที่มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วจากการปลูกโดยลำพัง (ภาพที่ 1).

ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเมื่อปลูกเห็ดหอมถั่วดำ และปลูกโดยลำพัง

พบว่าการปลูกถั่วดำเห็ดหอมข้าวโพดที่วันปลูกต่าง ๆ ไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวโพดแตกต่างกัน แต่ประการใด ผลผลิตอยู่ระหว่าง 5,703.1-5,805.0 กก./เฮกตาร์ ซึ่งคาดว่าวันปลูกดังกล่าวทำให้ระยะเวลาที่ข้าวโพด และถั่วดำมีการเจริญเติบโตเต็มที่ไม่ตรงกัน การแข่งขันก็ยังมีน้อย (Francis *et al.*, 1983) สำหรับกรณีองค์ประกอบของผลผลิตอันประกอบด้วยจำนวนฝัก/ต้น จำนวนเมล็ด/ฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ไม่ว่าจะเปรียบเทียบในระหว่างกลุ่มของการปลูกเห็ดหอมหรือปลูกโดยลำพังก็ตาม (ตารางที่ 2).

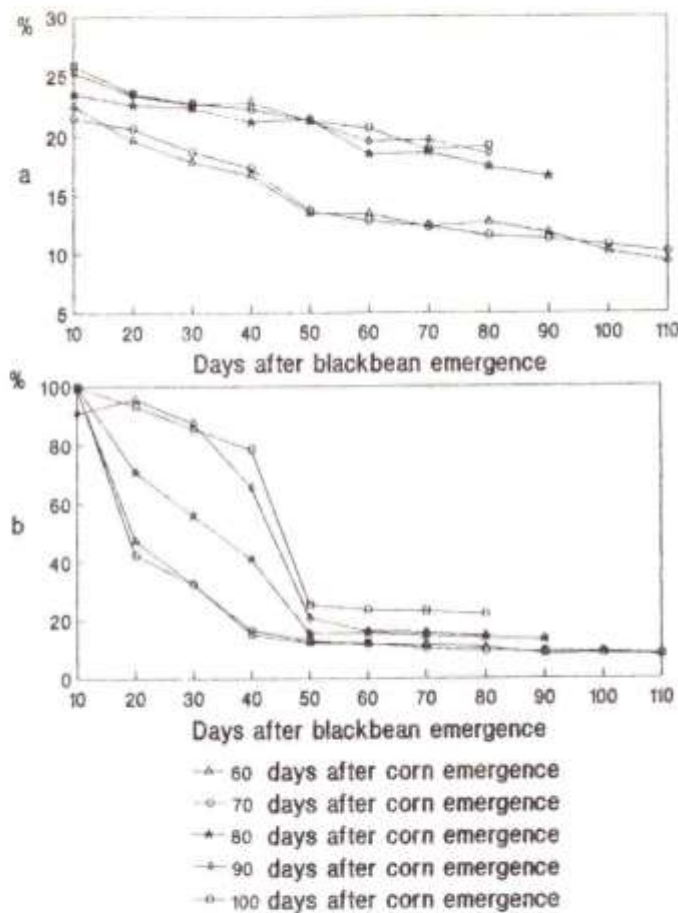


Figure 1. Light penetration (%) at five planting dates of blackbean in (a) corn/blackbean relay cropping and (b) sole cropping.

Table 2. Yield and yield components of corn as affected by different planting dates of blackbean in corn/blackbean relay cropping and sole cropping.

Planting date (days after corn emergence)	Dry seed wt. (kg/ha)	No. of pod/pt.	No. of seed/pod	100 seed wt.(g)
60	5,703.1	1.10	457.53	24.45
70	5,755.0	1.08	450.74	24.27
80	5,721.3	1.05	443.85	24.35
90	5,765.0	1.05	470.24	24.29
100	5,805.0	1.03	468.33	24.42
sole cropping	5,828.8	0.99	464.52	24.30
F-test	ns	ns	ns	ns
CV(%)	8.46	8.43	8.01	3.52

ns = not significant

ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของถั่วดำ และดัชนีการเก็บเกี่ยว

พบว่าวันปลูกถั่วดำที่แตกต่างกันมีผลทำให้ผลผลิตของถั่วดำที่ปลูกเหลือมีข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($P < 0.01$) ยกเว้นสองวันปลูกสุดท้าย มีแนวโน้มว่าผลผลิตของถั่วดำลดลงเป็นลำดับตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไปโดยผลผลิตอยู่ระหว่าง 878.1-64.4 กก./เฮกตาร์ เมื่อปลูกเหลือ และ 751.3-75.6 กก./เฮกตาร์ เมื่อปลูกโดยลำพังขึ้นกับวันปลูก สันนิษฐานว่าวันปลูกแรก ๆ มีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงกว่านั่นเอง แต่เมื่อเปรียบเทียบที่วันปลูกเดียวกันก็พบว่าผลผลิตของถั่วดำจากการปลูกเหลือที่วันปลูก 60-80 วันหลังข้าวโพดออกสูงกว่าการปลูกโดยลำพังประมาณ 14.5-8.6 % ตามลำดับขึ้นกับวันปลูก ทั้งนี้คาดว่ามีการเคลื่อนย้ายและถ่ายเทสารอาหารจากต้น และใบ (น้ำหนักแห้ง) ไปยังฝัก และเมล็ดได้ดีกว่า ถึงแม้ว่าจะมีน้ำหนักแห้งต่ำกว่าก็ตาม (Donald, 1962) สำหรับในแง่ขององค์ประกอบผลผลิตเมื่อเปรียบเทียบที่วันปลูกเดียวกัน พบว่าการปลูกถั่วดำเหลือมีข้าวโพดที่ทุกวันปลูก (ยกเว้นวันปลูกสุดท้าย) มีผลทำให้จำนวนฝัก/ม² เท่านั้น มีค่าสูงกว่าการปลูกโดยลำพังอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) ทั้งนี้คาดว่าถั่วดำที่ปลูกเหลือมีข้าวโพดได้อาศัยข้าวโพดเป็นค้ำให้เลื้อยพันขึ้น ซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้โครงสร้างของทรงพุ่มเขียวอานวยต่อการส่องผ่านของแสงและกระจายในทรงพุ่มได้ดีกว่า นอกจากนี้ การปลูกเหลือยังมีพื้นที่ส่วนยอด ๆ (ส่วนที่เลื้อยพันขึ้นโดยอาศัยข้าวโพดเป็นค้ำ) มากกว่า ซึ่งคาดว่าจะสาเหตุที่ทำให้จำนวนฝัก/ม² ของถั่วดำเมื่อปลูกเหลือมีข้าวโพดสูงกว่า สอดคล้องกับรายงานของ (Davis *et al.*, 1984) และยิ่งพบอีกว่าจำนวนฝัก/ม² มีค่าลดลงเป็นลำดับตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไป ทั้งนี้คาดว่าถั่วดำเป็นพืชวันสั้นมีช่วงแสงวิกฤติประมาณ 12 ชั่วโมงที่มีผลทำให้ออกดอกได้พอดีกับปลายฤดูฝน (Summerfield, 1980) ด้วยเหตุนี้วันปลูกแรก ๆ มีช่วงเวลาการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบยาวนานกว่าส่งผลให้จำนวนฝัก/ม² สูงกว่าวันปลูกหลัง ๆ สำหรับในแง่ของดัชนีการเก็บเกี่ยว (HI) พบว่าที่สองวันปลูกแรกให้ค่าต่ำสุด และแตกต่างจากวันปลูกอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($P < 0.01$) ทั้งการปลูกเหลือและปลูกโดยลำพังคาดว่าวันปลูกแรก ๆ มีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงกว่าวันปลูกอื่น ๆ ซึ่งอาจทำให้เกิดการแข่งขันหรือแก่งแย่งสารอาหารระหว่างอวัยวะส่วนที่เป็นผลผลิตกับส่วนที่ยังมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ โดยสารอาหารอาจถูกส่งไปยังส่วนที่เป็นผลผลิตในสัดส่วนที่ลดลง จึงทำให้ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของวันปลูกแรก ๆ ต่ำกว่าวันปลูกหลัง ๆ สอดคล้องกับรายงานของ Vergaras and Visperas (1977) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปลูกเหลือและปลูกโดยลำพัง (ที่วันปลูกเดียวกัน) พบว่า เฉพาะสามวันปลูกแรกของการปลูกเหลือเท่านั้นที่มีผลทำให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงกว่าเมื่อปลูกโดยลำพังอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($P < 0.01$) ทั้งนี้คาดว่าถั่วดำที่ปลูกถั่วดำเหลือมีข้าวโพดมีโครงสร้างของทรงพุ่ม (การทำมุม และเรียงตัวของใบ) เขียวอานวยต่อการส่องผ่านของแสงและกระจายในทรงพุ่มได้ดีกว่า ซึ่งอาจมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายและถ่ายเทสารอาหารจากต้น และใบ (น้ำหนักแห้ง) ไปยังฝักและเมล็ดสูงกว่านั่นเองสอดคล้องกับรายงานของ Davis *et al.* (1984) (ตารางที่ 3).

ความสามารถในการผลิต และประสิทธิภาพของระบบการปลูกพืช

ตารางที่ 4 จากการประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีคำนวณค่า Land equivalent ratio (LER) และค่า Area time equivalent ratio (ATER) พบว่าวันปลูกถั่วดำเหลือมีข้าวโพดที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ค่า LER ต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ทุกวันปลูกให้ค่า LER สูงกว่า 1 ซึ่งหมายความว่าถั่วดำที่ทุกวันปลูกให้ประโยชน์เหนือกว่าการปลูกพืชทั้งสองเดี่ยว ๆ แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะพืชแล้วพบว่าค่า LER ของข้าวโพด (L_1) แตกต่างกันไม่มากนัก แต่ค่า LER ของถั่วดำ (L_2) มีค่าลดลงเป็นลำดับตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไป นั้นหมายความว่าเกิดการแข่งกันระหว่างข้าวโพดและถั่วดำในลักษณะที่ข้าวโพดได้เปรียบกว่า (Ofori and Stern, 1987) แต่เมื่อพิจารณาในแง่ของค่า ATER กลับพบว่าทุกวันปลูก (ยกเว้นวันปลูกสุดท้าย) ให้ค่า ATER สูงกว่า 1 นั้นหมายความว่าถั่วดำที่ปลูกถั่วดำเหลือมีข้าวโพดให้ประโยชน์เหนือกว่าการปลูกพืชทั้งสองเดี่ยว ๆ.

สรุปผลการทดลอง

วันปลูกถั่วดำที่แตกต่างกันไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกเหลือมีด้วยแต่อย่างใด และไม่แตกต่างไปจากข้าวโพดที่ปลูกโดยลำพังอีกด้วยโดยให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 5,703.1-5,805.0 กก./เฮกตาร์ แต่มีผลกระทบต่องานผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ตลอดจนการเจริญเติบโตของถั่วดำ ผลผลิตของถั่วดำที่ปลูกเหลือมีข้าวโพดลดลงเป็นลำดับตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไป โดยวันปลูกที่ 60 วันหลังข้าวโพดออกให้ผลผลิตสูงสุด 878.1 กก./เฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลผลิตของถั่วดำที่ปลูก

Table 3. Yield and yield components of blackbean at five different planting dates in corn/blackbean relay cropping, sole cropping and harvest index (HI).

Planting date (days after corn emergence)	Dry seed wt. (kg/ha)	No. of pod/m ²	No. of seed/ pod	100 seed wt.(g)	HI
Relay cropping					
60	878.1	22.75	17.75	17.46	0.16
70	786.3	20.00	17.50	17.25	0.17
80	378.8	9.75	15.75	16.53	0.21
90	98.8	7.25	15.75	16.34	0.22
100	64.4	3.75	15.50	16.36	0.23
Sole cropping					
60	751.3	6.50	17.50	17.47	0.14
70	688.8	4.25	17.25	17.23	0.14
80	346.3	3.75	15.25	16.42	0.19
90	114.4	2.50	15.25	16.37	0.23
100	75.6	2.25	15.25	16.17	0.23
F-test	**	**	**	**	**
LSD _{0.05}	70.2	2.56	1.73	1.18	0.01
LSD 0.01	75.8	3.45	2.33	1.59	0.02
cv(%)	12.6	21.29	7.31	4.85	4.49

** significantly different at 1% level

Table 4. Land equivalent ratio (LER) and area time equivalent ratio (ATER) at five planting dates of blackbean in corn/blackbean relay cropping.

Planting date (days after corn emergence)	L _i	L _j	LER	ATER
60	0.98	1.17	2.15	1.40
70	0.99	1.14	2.13	1.32
80	0.98	1.10	2.08	1.22
90	0.93	0.86	1.85	1.04
100	1.00	0.85	1.85	0.99
F-test		NS	**	
LSD 0.05		0.41	0.21	
LSD 0.01		0.58	0.29	
CV(%)		13.32	11.20	

L_i = partial LER of cornL_j = partial LER of blackbean

NS = not significant

** = significantly different at 1% level

เหลื่อมข้าวโพดกับปลูกโดยดำหัง (ที่วันปลูกเดียวกัน) ก็พบว่า การปลูกเหลื่อมที่ 60-80 วันหลังข้าวโพดออก
เท่านั้นที่ให้ผลผลิตสูงกว่า ประมาณ 4.5-8.6 % ตามลำดับ ขึ้นกับวันปลูกสำหรับในแง่ของน้ำหนักแห้ง
อัตราการเจริญเติบโตต่อพื้นที่ (CGR) อัตราการเจริญเติบโตต่อพื้นที่ใบ (NAR) และดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)
ก็พบว่า มีแนวโน้มลดลงเป็นลำดับตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไป การปลูกถั่วดำเหลื่อมข้าวโพดที่ 60-90 วันหลัง
ข้าวโพดออกน่าจะเป็นระบบการปลูกพืชที่นำไปสู่การใช้พื้นที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- พุกศักดิ์, อภิพรรณ. (2528). ระบบการปลูกพืช. โรงพิมพ์ทั้งอีวชิน, กรุงเทพฯ.
- Davis, J.H.C., van Beuriningen, L., Ortiz, M.V., and Pino, C. (1984). Effect of growth habit of beans of tolerance to competition from maize when intercropped. *Crop Sci.* 24:751-755.
- Donald, C.M. (1962). In search of yield. *J. Aust. Inst. Agri. Sci.* 24: 173-178.
- Francis, C.A., Prager, M., Tejada, G. and Laing, D.R. (1983). Maize genotype by cropping pattern interactions: Monoculture vs intercropping. *Crop Sci.* 23:302-306.
- Ofori, F. and Stern, W.R. (1987). Relative sowing time and density of component crops in maize/cowpea intercrop system. *Expl. Agri.* 23:41-52.
- Summerfield, R.J. (1980). Effect of photoperiod and air temperature on growth and yield economic legumes. In: *Advances in Legumes Science*. Summerfield, R.J. and Bunting A.H (eds.). Royal Botanic Gardens, Kew.
- Thai-Australia-World Bank Land Development Project (TAWLD) Volume I. (1985). Thailand Northern Upland Agriculture. Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperative.
- Vergaras, S.S. and Visperas, R.M. (1977). Harvest index : Criterion for selecting rice plants with high yielding ability. *IRRI Saturday Seminar*, September 10, 1977.
- Yee, J. and Sujani, S. (1985). Land use and survey. Thai-Australia-World Bank Land Development Project. Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperative.

วารสารเกษตร 9(1) : 43 - 50 (2536)

Journal of Agriculture 9(1) : 43 - 50 (1993)

การลดความชื้นข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในฤดูนาปีด้วยเครื่องลดความชื้นแบบใช้ลมร้อน

ศุภศักดิ์ ลิมปิติ¹ และ วิบูลย์ ช่างเรือ¹

DRYING OF WET SEASON JAPANESE RICE WITH HOT-AIR DRYER

Supasark Limpiti¹ and Viboon Changrue¹

ABSTRACT : Four drying methods using forced-hot air batch type dryer were studied at the Postharvest Research and Training Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. The crop dried was Japanese paddy grown in rainy season of 1992.

It was found that drying the paddy continuously with hot air at 40-42°C with the drying rate of 1.0-1.5% per hour gave better results in term of drying time used. Milling quality was found to be not affected by all the drying methods tested. The head rice yield was in the range of 67-69% while broken percentage of milled rice was 4-7%.

Test result also indicated that percentage of grain cracking found after drying had no correlation with broken percentage of milled rice i.e. high percentage of cracking did not lead to high percentage of broken grain.

บทคัดย่อ : การศึกษาการลดความชื้น 4 วิธี ของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในฤดูนาปี พ.ศ. 2535 ด้วยเครื่องลดความชื้นแบบกะละใบใช้ลมร้อน กระทำที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากผลการศึกษาพบว่าการลดความชื้นด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 40-42 °C อย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการลดความชื้น 1.0-1.5% ต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการลดความชื้นน้อยที่สุด การลดความชื้นทั้ง 4 วิธีที่ใช้ ไม่มีผลกระทบต่อกันภาพหลังการสีของข้าวสาร เปอร์เซ็นต์ข้าวที่ได้อยู่ในช่วง 67-69% และมีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักเพียง 4-7%

¹ ภาควิชาพืชไร่, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50002

¹ Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50002

ผลจากการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์ข้าวขาวที่ตรวจสอบผลหลังการลดความชื้นไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพการสีของข้าวสาร กล่าวคือ แม้จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวขาวมีค่าสูง แต่เปอร์เซ็นต์ข้าวหักจากการสีกลับไม่ได้สูงตามไปด้วย.

คำนำ

การปลูกข้าวญี่ปุ่นในฤดูฝน มักพบปัญหาเรื่องการเก็บเกี่ยวเนื่องจากอายุการสุกแก่โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงที่ฤดูฝนยังไม่สิ้นสุด ความชื้นของข้าวขณะเก็บเกี่ยวจึงค่อนข้างสูงมาก มีหลายกรณีที่มีความชื้นข้าวที่โค่นฝนหลังเก็บเกี่ยว มีค่ามากกว่า 30% และไม่สามารถใช้เครื่องวัดความชื้นแบบอิเล็กทรอนิกส์วัดได้เนื่องจากความชื้นสูงเกินไป.

นอกจากปัญหาเรื่องข้าวมีความชื้นสูงขณะเก็บเกี่ยว ซึ่งทำให้ยากแก่การนำไปนวดด้วยเครื่องนวดแล้ว ยังมีปัญหาเรื่องการลดความชื้นหลังการเก็บเกี่ยวอีกด้วย เพราะการตากข้าวที่เก็บเกี่ยวแล้วไว้ในแปลง มีความเสี่ยงต่อการเปียกซ้ำค่อนข้างสูง ซึ่งจากการศึกษาของ สิมปิติ และช่างเรือบ (2535) พบว่าการเปียกซ้ำของข้าวญี่ปุ่น มีผลให้มีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักหลังการสีเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ในฤดูฝนท้องฟ้ามีเมฆครึ้มเป็นส่วนใหญ่ ทำให้อัตราการลดความชื้นในแปลงช้ามาก จนอาจเป็นเหตุให้มีราขึ้น ส่งผลให้คุณภาพของข้าวเปลือกลดลง ดังนั้นการหาวิธีการลดความชื้นที่เหมาะสมสำหรับข้าวญี่ปุ่นในฤดูนาปีจึงเป็นสิ่งจำเป็น.

อัตราการลดความชื้นของเมล็ดพืช จะมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดที่แห้งแล้ว โดยเฉพาะหากอัตราการลดความชื้นเป็นไปอย่างรวดเร็วเกินไป (Brooker *et al.* 1978 ; Hall, 1980.) นอกจากอัตราการลดความชื้นแล้ว อุณหภูมิสูงสุดขณะลดความชื้นก็มีผลต่อคุณภาพเมล็ดเช่นเดียวกัน.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาวิธีการลดความชื้นที่เหมาะสมสำหรับข้าวญี่ปุ่น ที่ปลูกในฤดูนาปี และผลกระทบของการลดความชื้นต่อคุณภาพหลังสีของข้าวสาร.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองครั้งนี้กระทำที่ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือน ตุลาคม 2535 ใช้ข้าวตัวอย่างจากแปลงกสิกรรมที่ปลูกที่ตำบลทุ่งเสียว อำเภอดันป่าดอง จังหวัดเชียงใหม่ ใช้ตัวอย่างครั้งละประมาณ 1.5-2 ตัน เครื่องลดความชื้นที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องลดความชื้นแบบกะบะ (Batch type) ขนาดความจุข้าวเปลือกครั้งละ 2 ตัน ใช้เครื่องย่นคั้นขนาด 12 แรงม้าเป็นตัวขับเคลื่อน ใช้แถบเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน ความดันลมขณะทดลองควบคุมไว้ที่ 2.5 นิวตันของน้ำคอลลอยการทดลอง.

วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 3 ซ้ำ กรรมวิธีที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 1 การเก็บตัวอย่างระหว่างการทดลอง กระทำทุกชั่วโมงโดยสุ่มตัวอย่างเฉลี่ยทั่วทั้งกะบะจำนวน 5 จุด ใช้หลาวสุ่มตัวอย่างแบบหลายช่องเป็นเครื่องมือเก็บเพื่อให้ได้ตัวอย่างจากทุก ๆ ความลึก ตัวอย่างย่อยที่ได้จากจุดต่าง ๆ จะนำมารวมนกัน และแบ่งเป็นตัวอย่างย่อยโดยเครื่องแบ่งตัวอย่าง ก่อนนำไปวัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบอิเล็กทรอนิกส์ ชนิด Capacitance ตัวอย่างที่วัดความชื้นแล้ว จะถูกนำไปสองภายในฉนวนขยายเพื่อหาลอยร้าว ส่วนตัวอย่างสุดท้ายที่ลดความชื้นลงมาจนแห้งเพียงพอต่อการสี ส่วนหนึ่งจะถูกนำไปตรวจสอบรอยร้าว และอีกส่วนหนึ่งจะถูกรวบรวมส่งไปสีด้วยเครื่องสีทดลอง ซึ่งใช้ตัวอย่างครั้งละประมาณ 150 กรัม เพื่อหาคุณภาพการสี.

Table 1. Treatments used in the experiments.

Treatments	Details
1.	Drying with hot air at 40-42 °C, pressure 2.5 inches of water until final moisture content reached 14%
2.	Drying with hot air at 36-38 °C, pressure 2.5 inches of water until final moisture content reached 14%
3.	Drying with hot air at 40-42 °C, pressure 2.5 inches of water until moisture content reached 18% followed by aeration until final moisture reached 14%
4.	Intermittent drying with hot air at 40-42 °C, pressure 2.5 inches of water. Using ratio of drying time to aeration = 3 : 1 hour alternately until final moisture reached 14%

ผลการทดลองและวิจารณ์

อัตราการลดความชื้น

ข้าวเปลือกที่นำมาลดความชื้น มีความชื้นเริ่มต้นค่อนข้างสูง จึงต้องมีการเป่าลมเย็นไล่ความชื้นก่อนการลดความชื้นจริงประมาณ 6-8 ชั่วโมง ในช่วงแรกได้ทดลองคัดแปลงใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน เพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิของลมร้อนได้สม่ำเสมอ แต่ปรากฏว่าเตาแก๊สที่ใช้ไม่สามารถให้ความร้อนได้สูงพอ จึงต้องเปลี่ยนมาใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงตามเดิม การลดความชื้นข้าวในเหน้าฝนพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศค่อนข้างสูง (ตารางที่ 2) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในกองข้าวของทุกกรรมวิธีมีค่าน้อยกว่า 40 °C และอุณหภูมิลมร้อนขาออกจะต่ำกว่าอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า เนื่องจากในขณะที่เราจะเหยออกจากกองข้าวได้จุดความร้อนแฝงในการระเหยไปส่วนหนึ่ง ทำให้อุณหภูมิลมร้อนลดลง นอกจากนั้น ความร้อนส่วนหนึ่งจะถ่ายเทให้กองข้าว ทำให้กองข้าวมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ระหว่างการลดความชื้นจะต้องระวังอุณหภูมิในกองข้าวไม่ให้สูงเกินไป เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อเมล็ด.

Table 2. Drying temperature and relative humidity.

Treatment	Inlet air temperature		Paddy temperature		Outlet air temperature		RH	
	Mean	Range, °C	Mean	Range, °C	Mean	Range, °C	Mean	Range, %
1	41	40-42	36	34-38	34	32-36	63	54-84
2	37	35-38	34	30-36	32	29-34	72	57-88
3	38	30-41	33	30-36	33	27-29	69	65-77
4	38	34-40	30	25-38	29	25-32	73	62-87

โดยทั่วไปเมื่อเริ่มลดความชื้น อุณหภูมิในกองข้าวจะยังไม่สูงเท่ากับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า แต่จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ดังในภาพที่ 1 ซึ่งแสดงความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในกองข้าวและอุณหภูมิลมออกของกรรมวิธีที่ 1 ซึ่งเป็นวิธีการสามัญที่ใช้กันในการลดความชื้นเมล็ดพืชไร่ จะเห็นว่าอุณหภูมิในกองข้าวและอุณหภูมิลมออกเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ลดความชื้น ช่วงแรก ๆ ของการลดความชื้นอุณหภูมิลมออกจะลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิลมเข้า เนื่องจากความร้อนส่วนหนึ่งจะถูกถ่ายเทไปสู่เมล็ดพืช และอีกส่วนหนึ่งจะถูกใช้ไปในการระเหยน้ำออกจากเมล็ด จากการทดลองครั้งนี้พบว่า เมื่อความชื้นของเมล็ดลดลงเหลือ 14% แล้ว อุณหภูมิในกองข้าวและอุณหภูมิลมร้อนขาออกยังไม่สูงขึ้นเท่ากับอุณหภูมิลมขาเข้า ดังนั้นจึงมั่นใจได้ว่าจะไม่เกิดอันตรายต่อการงอกของเมล็ด อย่างไรก็ตาม หากมีการลดความชื้นนาน ๆ อุณหภูมิในกองข้าวอาจสูงขึ้นจนเท่ากับอุณหภูมิลมขาเข้า และในกรณีเช่นนี้ข้าวเปลือกส่วนต่าง ๆ ของกะบะจะมีความชื้นต่ำเกินไป (Over dry) และอาจเป็นอันตรายต่อเมล็ด จึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ.

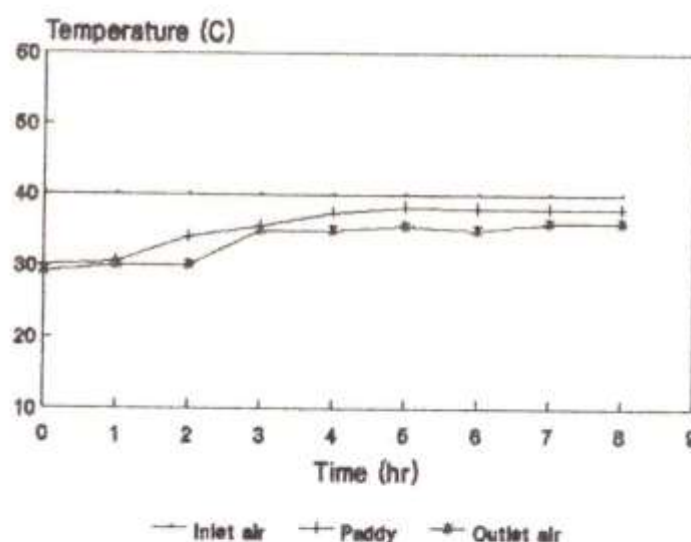


Figure 1. Paddy and outlet air temperature.

อุณหภูมิในกองข้าวเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ต้องเฝ้าสังเกตระหว่างการลดความชื้นด้วยลมร้อน ซึ่งในบางครั้งอุณหภูมิลมเข้าอาจสูงกว่าค่าปลอดภัย แต่หากอุณหภูมิในกองข้าวยังต่ำอยู่ ความเสียหายต่อคุณภาพข้าวเนื่องจากอุณหภูมิจะยังไม่เกิดขึ้น ภาพที่ 2 เปรียบเทียบให้เห็นอุณหภูมิในกองข้าวของกรรมวิธีต่าง ๆ ระหว่างการทดลอง จะเห็นว่าทุกกรรมวิธีมีอุณหภูมิต่ำกว่า 40°C ตลอดช่วงการลดความชื้น

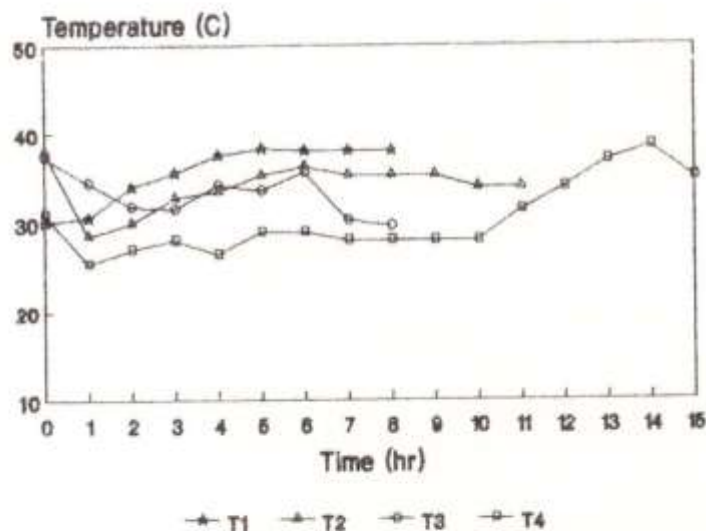


Figure 2. Change of paddy temperature during drying.

อัตราการลดความชื้นเฉลี่ยของข้าวเปลือกในแต่ละการทดลองไม่สูงมากนัก อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้จะถูกควบคุมไว้ไม่ให้เกิน 42°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ถือว่าไม่กระทบต่อความงอกของข้าวเปลือก (รัตนากาสกร, 2529) จากตารางที่ 3 พบว่า กรรมวิธีที่ 1 มีอัตราการลดความชื้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 1.01%/ชม. รองลงมาได้แก่กรรมวิธีที่ 3, 4 และ 2 ซึ่งมีอัตราการลดความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.97, 0.78 และ 0.69%/ชม. ตามลำดับ

Table 3. Mean moisture content and drying rate (dW/dt) of paddy.

Treatments	Drying time, hours.								dW/dt % hr.
	0	2	4	6	8	9	11	13	
1	23.4	20.7	18.2	16.3	15.0	14.3	-	-	1.01
2	24.2	23.3	21.9	19.5	18.0	17.4	15.7	14.3	0.69
3	23.9	22.3	19.9	17.1	16.1	-	-	-	0.97
4	23.8	22.9	22.0	19.8	19.2	19.1	15.2	13.6	0.78

ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับระยะเวลาลดความชื้น

เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการลดความชื้น พบว่ามีความสัมพันธ์ในลักษณะ Exponential ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์สูง ($r = 0.96 - 0.99$) ความสัมพันธ์ดังกล่าวได้แสดงไว้ในภาพที่ 3 และสมการระหว่างความสัมพันธ์เป็นดังนี้คือ :

$$\begin{aligned} MC_1 &= 23.290236e^{-0.056709t} & (r = 0.99) \\ MC_2 &= 25.160921e^{-0.042103t} & (r = 0.99) \\ MC_3 &= 24.417613e^{-0.054527t} & (r = 0.99) \\ MC_4 &= 25.382877e^{-0.042947t} & (r = 0.96) \end{aligned}$$

เมื่อ MC1, MC2, MC3, MC4 คือความชื้นข้าวเปลือกเมื่อลดความชื้นด้วยกรรมวิธีที่ 1, 2, 3 และ 4 มีหน่วยเป็น % (wb)

t คือเวลาที่ใช้ในการลดความชื้น มีหน่วยเป็นชั่วโมง

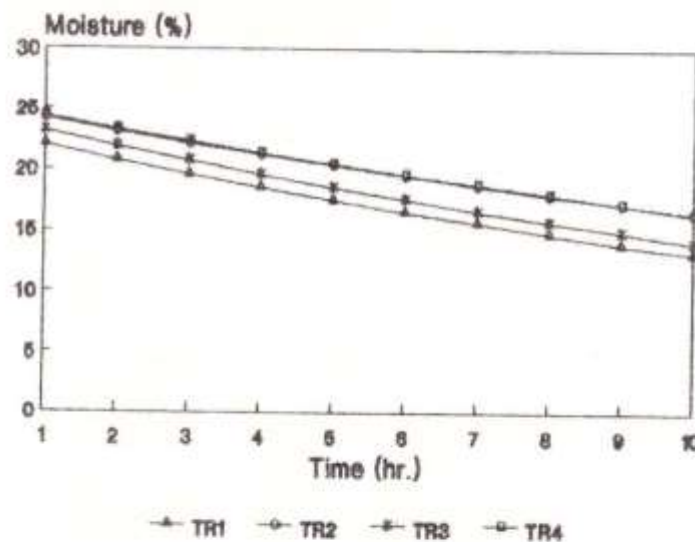


Figure 3. Relation between moisture content and drying time.

อัตราการลดความชื้นของกรรมวิธีที่ 1 และ 3 ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่อัตราการลดความชื้นในกรรมวิธีที่ 3 เกิดในช่วงสั้นกว่า คือจาก 24.9-16.1% กรรมวิธีที่ 2 จะมีการลดลงของความชื้นข้าวกรรมวิธีอื่น เนื่องจากลมร้อนที่ใช้มีอุณหภูมิต่ำกว่า สำหรับกรรมวิธีที่ 3 แม้ว่าการลดความชื้นจะเร็วในช่วงแรก แต่เมื่อลดความชื้นข้าวเปลือกลงมาจนถึง 18% แล้ว พบว่าการลดความชื้นต่อไปด้วยลมธรรมชาติ นั้น ความร้อนที่เหลืออยู่ในกองข้าวไม่มากพอที่จะทำให้ความชื้นลดลงต่อไปได้อีกถึง 14% หรือต่ำกว่า แม้ว่าจะเป่าลมต่อไปเรื่อย ๆ ทั้งนี้เพราะความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีค่าค่อนข้างสูง ค่าความชื้นสุดท้ายที่ได้จากกรรมวิธีนี้จึงมีค่าสูงถึง 16% ดังนั้นกรรมวิธีลดความชื้นนี้จึงไม่เหมาะกับการใช้ในฤดูฝน ในกรรมวิธีที่ 4 อัตราการลดความชื้นดีกว่าวิธีที่ 2 แต่ในทางปฏิบัติไม่ค่อยสะดวกนัก เนื่องจากต้องมีการดับไฟ จุดไฟเป็นช่วง ๆ ซึ่งค่อนข้างมีปัญหา เพราะแกลบติดไฟยาก และควบคุมความชื้นให้สม่ำเสมอได้ลำบาก วิธีการนี้จะใช้ได้หากใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง ตามรายงานของ Hall (1980) กล่าวว่า การลดความชื้นแบบเว้นช่วงนี้ จะทำให้อัตราการลดความชื้นดีขึ้น และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยลง.

สำหรับในกรรมวิธีที่ 1, 2 ค่าความชื้นสุดท้ายในตารางที่ 3 มีค่า 14.3% ค่านี้เป็นค่าที่วัดเมื่อเริ่มดับไฟ หลังจากดับไฟแล้วจะมีการเป่าลมธรรมชาติต่อไปอีกระยะหนึ่ง เพื่อลดอุณหภูมิในกองข้าว ดังนั้นความชื้นจริงเมื่อสิ้นสุดกระบวนการลดความชื้น จะมีค่าต่ำลงไปอีกประมาณ 0.5-1%

ผลการลดความชื้นต่อการร้าวและคุณภาพหลังการสี

ระหว่างการลดความชื้นได้มีการเก็บตัวอย่างทุกชั่วโมง เพื่อยกอัตราการลดความชื้น และตรวจสอบการร้าวระหว่างการลดความชื้น เพื่อยกแนวโน้มว่า ข้าวเริ่มเกิดการร้าวเมื่อความชื้นลดลงมาถึงค่าใด จะสอดคล้องกับค่าความชื้น 18% ที่เคยประเมินว่าเป็นค่าความชื้นที่วิกฤตต่อการเปลือกข้าวของข้าวนาปี (สิมปีติ และ ช่างเรือ, 2534) หรือไม่อย่างไร ผลจากการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์การร้าวไม่มีรูปแบบที่แน่นอน บางข้าวมีการร้าวสูงในช่วงต้น แล้วลดลงในตอนกลาง และกลับมามีค่าสูงอีกในตอนที่ทำการลดความชื้น บางข้าวก็ร้าวน้อยในช่วงต้น ร้าวมากในช่วงกลาง และร้าวน้อยลงอีกในช่วงท้าย ๆ บางข้าวก็ร้าวมากตลอดทั้งช่วงของการลดความชื้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การร้าวของข้าวสารไม่สัมพันธ์กับความชื้นที่ลดลงจากการลดความชื้นในกรรมวิธีต่าง ๆ ที่ทดลอง ค่าเปอร์เซ็นต์การร้าวเฉลี่ยตลอดช่วงการทดลองของแต่ละกรรมวิธีได้แสดงรวมไว้กับตารางคุณภาพหลังการสี (ตารางที่ 4) ซึ่งจะเห็นได้ว่า คุณภาพการสี ไม่เป็นไปตามค่า %การร้าวก่อนการสี กล่าวคือ % ข้าวหักไม่สูงตามเปอร์เซ็นต์การร้าว ซึ่งลักษณะเช่นนี้ตรงกับที่ สิมปีติ และ ช่างเรือ, (2535) เคยรายงานไว้แล้ว.

Table 4. Crack percentage and milling quality.

Treatments	% Crack	% Broken	% Head rice
1	41.8	5.0	67.4
2	37.1	4.4	69.5
3	37.1	7.6	65.7
4	36.7	5.1	69.3

จากตารางที่ 4 พบว่า กรรมวิธีในการลดความชื้นทั้ง 4 วิธี มีผลกระทบต่อคุณภาพหลังการสีของข้าวสารไม่แตกต่างกัน และมีค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหักค่อนข้างต่ำคือมี เปอร์เซนต์ข้าวหักอยู่ในช่วง 4.4-7.6% และมีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวระหว่าง 65.7-69.5% การที่การลดความชื้นมีผลกระทบต่อคุณภาพการสีไม่มากนัก น่าจะเป็นเพราะว่าอัตราการลดความชื้นของแต่ละกรรมวิธีไม่สูงเกินไป และอุณหภูมิในกองข้าวไม่สูงเกินระดับปลอดภัยตลอดช่วงการลดความชื้น อย่างไรก็ตาม แม้ว่ากรรมวิธีลดความชื้นทั้ง 4 วิธี จะไม่กระทบต่อคุณภาพการสี แต่หากพิจารณาในแง่อื่น ๆ จะพบว่า กรรมวิธีที่ 3 ไม่เหมาะกับการนำไปใช้ เนื่องจากไม่สามารถลดความชื้นลงมาให้ต่ำได้ถึง 14% ซึ่งเป็นระดับปลอดภัยต่อการเก็บรักษา ส่วนกรรมวิธีที่ 2 และ 4 ใช้เวลาในการลดความชื้นค่อนข้างนานเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 เป็นผลให้ความสามารถในการลดความชื้นต่อวันต่ำกว่า นอกจากนั้นกรรมวิธีที่ 4 ยังไม่สะดวกในการปฏิบัติอีกด้วย.

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองครั้งนี้ พบสรุปผลได้ดังนี้ :

1. อัตราการลดความชื้นของกรรมวิธีที่ทดลอง ไม่สูงเกินไปสำหรับใช้กับข้าวญี่ปุ่นในฤดูนาปี แต่บางกรรมวิธีไม่สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกให้ต่ำลงถึง 14%
2. กรรมวิธีที่ใช้ในการทดลองทั้ง 4 วิธี มีผลกระทบต่อคุณภาพการสีไม่แตกต่างกัน.
3. คุณภาพหลังการสีของข้าวเปลือกที่ผ่านการลดความชื้นอยู่ในเกณฑ์ดี มีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักต่ำกว่า 10% ทุกกรรมวิธี.
4. เปอร์เซนต์ข้าวร่วงที่ตรวจสอบด้วยตาเปล่าผ่านแว่นขยาย ไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ลดความชื้น และไม่สัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ข้าวหักหลังการสี จึงไม่อาจใช้เป็นดัชนีในการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์ข้าวหักจากการสีได้.

เอกสารอ้างอิง

- สมิทธิ, ศุภศักดิ์. และ ช่างเรือ, วิบูลย์. (2535). การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวญี่ปุ่นในฤดูนาปี. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รัตนภาสกร, สาคีป. (2529). ทฤษฎีการลดความชื้น. เอกสารประกอบการบรรยาย โครงการฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการสีข้าว. กองเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- Brooker, D.B, Baker-Arkema, W.F. and Hall, C.W. (1974). Drying Cereal Grains. The AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.
- Hall, C.W. (1980). Drying and Storage of Agricultural Crops. AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมโดยใช้เทคโนโลยี เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม

1. แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสม ต่อการผลิตแหนม

ไพโรจน์ วรรณจารี¹, ลักขณา รุจนะไกรภรณ์¹ และ อำพัน กันธิยะ¹

NHAM PRODUCT DEVELOPMENT USING MIXED BACTERIAL STARTER CULTURES

1. SUITABLE SOURCE OF CARBOHYDRATE FOR NHAM PRODUCTION

Pairote Wriyacharee¹, Lakkana Rujanakraikarn¹ and Ampin Kuntiya¹

ABSTRACT : 6 types of carbohydrate sources; cooked rice, sticky rice, soya bean flour, tapioca, wheat flour, and corn starch; were used for this study. This experiment is to investigate a suitable carbohydrate source for Nham production using mixed bacterial starter cultures. For this experiment, it was found that 6% of cooked rice used in Nham formulation made the good quality of the product. The Nham is composed of high reducing sugars ($1.0120 \pm 0.0897\%$) which was suitable for the growth of nitrate reducing bacteria and then the culture effectively reduced nitrate to nitrite (187.4067 ± 1.3914 ppm). Additionally, the lactic acid bacteria used the residual reducing sugars to produce lactic acid. After 48 hours of fermentation, the product had total acidity as lactic acid ($1.1200 \pm 0.0200\%$), pH (4.54 ± 0.02) and residual carbohydrate ($2.76 \pm 0.08\%$). The panelists accepted the final product with colour score, firmness score, sourness score, spiciness score and overall acceptability score of 4.12 ± 0.72 , 3.67 ± 0.60 , 3.56 ± 0.51 , 3.18 ± 0.66 , and 3.62 ± 0.62 respectively.

บทคัดย่อ : แหล่งคาร์โบไฮเดรต 6 ประเภท ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว แป้งถั่วเหลือง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวสาลีและแป้งข้าวโพด นำมาใช้เป็นปัจจัยของการศึกษาถึงแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมต่อการผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม จากการทดลองพบว่า การใช้ข้าวเจ้าร้อยละ 6 ในสูตรการผลิต ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แหนมที่มีคุณภาพดี ในสูตรดังกล่าวมี ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ค่อนข้างสูง คิดเป็นร้อยละ 1.0120 ± 0.0897 ซึ่งเหมาะสมพอที่จะให้เชื้อแบคทีเรียประเภทที่สามารถรีดิวซ์ไนเตรทเป็นไนไตรท์เจริญเติบโต และเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ได้ กล่าวคือพบปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในสูตรหลังการผลิตเท่ากับ 187.4067 ± 1.3914 ส่วนในล้านส่วน และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ส่วนหนึ่งสามารถ

¹ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50002.

¹ Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50002.

ให้เชื้อแบคทีเรียประเภทสร้างกรดแลคติกได้ ใช้ในการผลิตกรดแลคติกได้สูงถึงร้อยละ 1.1200 $\pm$ 0.0200 มีความเป็นกรดเป็นค่าเท่ากับ 4.54 $\pm$ 0.02 และปริมาณการไบโอเครต คงเหลืออยู่คิดเป็นร้อยละ 2.76 $\pm$ 0.08 หลังจากเสร็จสิ้นการหมัก 48 ชั่วโมงแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมได้มีการยอมรับที่คิของผู้บริโภค ทั้งในแง่สีที่ปรากฏ ความแน่นเนื้อ ความเปรี้ยวกลิ่นเครื่องเทศ และการยอมรับรวมโดยมีค่าสเกลคะแนนความชอบลักษณะ ดังกล่าวเท่ากับ 4.12 $\pm$ 0.72, 3.67 $\pm$ 0.60, 3.56 $\pm$ 0.51, 3.18 $\pm$ 0.66 และ 3.62 $\pm$ 0.62 ตามลำดับ.

คำนำ

ในประเทศไทยมีอาหารหมักพื้นบ้านประเภทเนื้อหลายชนิด ซึ่งยังคงมีการหมักแบบพื้นบ้านที่ต้องพึ่งพาเชื้อจุลินทรีย์จากธรรมชาติ แทนเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหมักประเภทหนึ่ง โดยปัจจุบันกระบวนการผลิตก็ยังคงมีการหมักที่ขึ้นกับเชื้อจุลินทรีย์ในธรรมชาติเท่านั้น โดยทั่วไปจะมีกระบวนการผลิตที่ค่อนข้างใช้เวลานาน ใช้เวลาหมักนาน 3-5 วัน ขึ้นอยู่กับฤดูกาลผลิต คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ค่อยมีความสม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์ขาดมาตรฐานซึ่งมีผลต่อการจำหน่ายในตลาดได้ จุลินทรีย์ที่พบในระหว่างการผลิตหมักแทนเป็นจุลินทรีย์ประเภทสร้างกรดแลคติกได้ เป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก (ค่านวเดา, 2509; เคชะ-ภิญญาวัฒน์, 2518) โดยเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวสามารถใช้หลังการไบโอเครตในการผลิตกรด มีทั้งแบคทีเรียประเภท Heterofermentative lactic acid bacteria ได้แก่ *Lactobacillus brevis* และประเภท Homofermentative lactic acid bacteria ได้แก่ *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus cerevisiae* (ค่านวเดา, 2509; เคชะภิญญาวัฒน์, 2518; Srisomwong, 1985) *Pediococcus pentosaceus* และ *Pediococcus acidilactici* (Tanasupawat and Daengsubha, 1983) การไบโอเครตจะถูกใช้โดยเชื้อจุลินทรีย์ผลิตเป็นกรดหลักคือ กรดแลคติกให้กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ โดยวิธีการหมักแบบพื้นบ้านผลิตภัณฑ์แทนจะมีความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกได้ประมาณร้อยละ 0.5-1.0 มีค่า pH เท่ากับ 4.45-4.55 (ค่านวเดา, 2509) อย่างไรก็ตาม การหมักแบบพื้นบ้านทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่ดี มีความปลอดภัยที่ต่ำต่อผู้บริโภค เนื่องจากอาจมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโทษได้ (โสมะฐิติ, 2525) ดังนั้น ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีเชิอบริสุทธิเริ่มต้นมาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพแทนให้ดีขึ้น มีความปลอดภัยสูง อีกทั้งมีลักษณะสีที่ปรากฏ และลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี มีอายุการเก็บที่ดีขึ้น (Bacus, 1981; Gibbs, 1987; Wiriyacharee, 1990).

โดยเชิอบริสุทธิเริ่มต้นผสมที่นำมาใช้มี 2 ประเภทคือ เชื้อแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติกได้ ส่วนอีกประเภทหนึ่งจะเป็นแบคทีเรียที่สามารถรีดิวสไนเตรตเป็นไนไตรท์ได้ ก่อให้เกิดลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์ในแง่สีที่ปรากฏ และการมีสภาพเป็นกรดเกิดขึ้นจะทำให้สีที่ปรากฏมีการพัฒนาที่เร็วขึ้น อีกทั้งทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีด้วย.

อย่างไรก็ตามการใช้เทคโนโลยีเชิอบริสุทธิเริ่มต้นผสม แหล่งคาร์โบไฮเดรตนับว่ามีบทบาทสำคัญมากต่อการที่เชิอบริสุทธิเริ่มต้นผสมดังกล่าวนี้สามารถใช้เพื่อผลิตกรดแลคติก ทำให้มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ทั้งในแง่ลักษณะเนื้อสัมผัส และสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ได้ งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาหาแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมต่อการผลิตแทน โดยใช้เทคโนโลยีเชิอบริสุทธิเริ่มต้นผสม เพื่อให้เชื้อแบคทีเรียดังกล่าวสามารถสร้างกรดแลคติกได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดี.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมแหล่งคาร์โบไฮเดรตและสิ่งทดลอง

คาร์โบไฮเดรตประเภทต่าง ๆ เช่น ข้าวเหนียว ข้าวเจ้า แป้งถั่วเหลือง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวสาลี และแป้งข้าวโพด จะนำมาศึกษาโดยการทำให้คาร์โบไฮเดรตดังกล่าวสุกก่อน (Gelatinization) และทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของการผลิตแทน.

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้ จึงแบ่งการทดลองเป็น 6 สิ่งทดลอง โดยมีประเภทของคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันเป็นปัจจัยในการทดลอง ดังนี้ :

สิ่งทดลองที่ 1	ใช้ข้าวเหนียว	ร้อยละ 6	เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต
สิ่งทดลองที่ 2	ใช้ข้าวเจ้า	ร้อยละ 6	เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต
สิ่งทดลองที่ 3	ใช้แป้งถั่วเหลือง	ร้อยละ 6	เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต

สิ่งทดลองที่ 4	ใช้แป้งมันสำปะหลัง	ร้อยละ 6	เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต
สิ่งทดลองที่ 5	ใช้แป้งข้าวสาลี	ร้อยละ 6	เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต
สิ่งทดลองที่ 6	ใช้แป้งข้าวโพด	ร้อยละ 6	เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต

โดยที่ข้าวเหนียว และข้าวเจ้า จะต้องผ่านการบดด้วยเครื่องบดก่อนนำมาใช้ ส่วนแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เหลือเพียงแต่ทำให้สุก และทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำมาใช้เท่านั้น.

กระบวนการผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม

นำเนื้อหมูแดงมาละลายเอาไขมันออกให้มากที่สุด ล้างด้วยน้ำสะอาดและสะอาดน้ำ เช็ดด้วยผ้าแห้งสะอาด นำมาบดด้วยเครื่องบดเนื้อ และนำไปเก็บในหีองเย็นอุณหภูมิต่ำ (5 องศาเซลเซียส) ส่วนหนึ่งหมูนำมาละลายเอาส่วนไขมันออกให้มากที่สุด นำมาต้มและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 0.5x2-4 เซนติเมตร เก็บในหีองเย็นเช่นกัน ทำการเตรียมกระเทียมสับคป พริกไทยป่น พริกขี้หนูบด กอโคส เกลือแกง โซเดียมไนเตรท โซเดียมไนไตรท์ โซเดียมอีริโทเบท ผงชูรส และโซเดียมไตรโพสเฟต และแหล่งคาร์โบไฮเดรต ตามสิ่งทดลองของแต่ละสิ่งทดลองกำหนด (แสดงในตารางที่ 1).

ผสมส่วนประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสมที่ความเร็ว 40 รอบต่อนาที ประมาณ 1 นาที จึงเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม ที่เตรียมขึ้นในสัดส่วนดังตารางที่ 1 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมความเร็ว 40 รอบต่อนาที ประมาณ 2 นาที นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในเครื่อง Stuffer และอัดส่วนผสมเข้าสู่ถุงพลาสติกกรุบทรงกระบอก รัดปลายให้แน่นด้วยยาง หรือ Clips เหล็ก นำไปเก็บที่ตู้เย็นอุณหภูมิต่ำ 30 องศาเซลเซียส.

Table 1. Ingredients and quantity for Nham production made with mixed bacterial starter cultures (Carbohydrate source as the main studied factors).

Ingredients	Quantity
Meat system :	
Ground lean pork (%)	80
Sliced pork skin (%)	20
Curing agents:	% of meat system
Sodium chloride (NaCl)	3
Sodium nitrate (NaNO ₃)	0.03
Sodium nitrite (NaNO ₂)	0.02
Sodium tripolyphosphate (Na ₅ P ₃ O ₁₀)	0.3
Sodium erythobate	0.05
Starter cultures:	cfu/g of meat system
<i>Lactobacillus plantarum</i>	10 ³
<i>Pediococcus cerevisiae</i>	10 ⁶
<i>Micrococcus varians</i>	10 ³
Carbohydrate source:	% of meat system
Glucose	0.5
Cooked rice, sticky rice	6
Soya bean flour, tapioca,	
Wheat flour, Corn starch	
Seasonings:	% of meat system
Minced garlic	4
White pepper (powder)	0.05
Minced bird chilli	2
MSG	0.2

* Studied factors.

การเตรียมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม

Lactobacillus plantarum และ *Pediococcus cerevisiae* ถูกเตรียมขึ้นเป็นเชื้อเริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS โดยเก็บบ่มในตู้เย็นที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ส่วน *Micrococcus varians* ได้เตรียมเป็นเชื้อเริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI (Brain Heart Infusion Broth) โดยบ่มเพาะเชื้อในตู้เย็นที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง.

ก่อนที่จะนำไปเติมในกระบวนการผลิตหมัก เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นข้างต้นจะถูกนำมาเจือจางในสัดส่วนที่เหมาะสม และตรวจนับจำนวนในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar สำหรับเชื้อแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดได้ และในอาหารเลี้ยงเชื้อ Bi-HI agar สำหรับ *M. varians* อย่างไรก็ตาม เชื้อเริ่มต้นทั้งสามประเภท จะถูกเตรียมขึ้นก่อนการหมักตามเวลาและอุณหภูมิที่กำหนดข้างต้นเสมอ เพื่อให้เชื้อมีกิจกรรมที่ดี จึงจะนำไปเติมในกระบวนการตามสัดส่วนที่กำหนดในตารางที่ 1.

การวิเคราะห์ทางเคมี

หมักที่เตรียมได้จากสิ่งทดลองต่างๆ ข้างต้น จะเก็บไว้ในตู้เย็น (Incubator) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และสุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์ทางเคมี คือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติก (Total acidity as lactic acid) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugars) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) และปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่ (Residual nitrite) ตามวิธีของ AOAC (1984), Miller (1959), Pearson (1976), Wiriyaacharee (1990) และ วิริยจาโร กับ หันพงศ์กิตติกุล (2533, 2535) ที่เวลา 48 ชั่วโมง และหลังจากหมักเสร็จก่อนเข้าตู้เย็น.

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบครั้งนี้ จะเป็นการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ ในด้านสีของผลิตภัณฑ์ (Colour) ความแน่นเนื้อ (Firmness) ความเปรี้ยว (Sourness) ความมีกลิ่นเครื่องเทศ (Spiciness) และการยอมรับรวม (Overall acceptability) โดยนำตัวอย่างทั้ง 6 ตัวอย่างมาทำการทดสอบชิม หลังจากหมักได้ 48 ชั่วโมง โดยการให้คะแนนตามความชอบในลักษณะต่างๆ ของแต่ละท่าน โดยสเกลการให้คะแนนจะใช้แบบ 5-point hedonic scaling method ซึ่งการทดสอบชิมครั้งนี้ใช้ผู้บริโภคทั่วไป 16 ท่าน ทำการทดสอบและประเมินค่าดังกล่าว (Gatchalian, 1981; Institute of Food Technologists, 1981; และ วิริยจาโร, 2535).

การวิเคราะห์และแปรผล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะนำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการวิเคราะห์ Analysis of variance โดยใช้ Stat-Packets Package (Waltonick, 1987).

ผลการทดลองและวิจารณ์

การผลิตหมักโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์ผสม เป็นการใช้เชื้อแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติกได้ เติบโตไปในระบบระหว่างการผลิต เพื่อให้เชื้อสามารถเปลี่ยนแหล่งคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ และผลิตเป็นกรดแลคติกในที่สุด จากการทดลองครั้งนี้ การใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันจะมีผลทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ (ตารางที่ 2) โดยการใช้ข้าวเหนียวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในการผลิตจะให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์หลังจากการผลิตเสร็จมากที่สุด (ร้อยละ 1.3864 ± 0.0331) ส่วนการใช้แป้งข้าวเหนียวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในการผลิต จะให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์หลังจากการผลิตเสร็จน้อยที่สุด (ร้อยละ 0.5141 ± 0.0102) หลังจากทำการหมักหมักได้ 48 ชั่วโมง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะลดลงจากค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.8924 ± 0.2813 ลดลงเหลือค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.3501 ± 0.2820 และเป็นที่น่าสังเกตว่าสิ่งทดลองที่ใช้แป้งข้าวเหนียวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต ไม่สามารถตรวจพบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้หลังจากหมักได้ 48 ชั่วโมง (ตารางที่ 2) และจากการทดลองหลังจาก 48 ชั่วโมงของการหมัก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสิ่งทดลองต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $P < 0.01$ โดยที่ข้าวเหนียวยังคงมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เหลืออยู่มากที่สุด คือ ร้อยละ 0.8540 ± 0.0171 (ตารางที่ 2).

Table 2. Reducing sugars content after Nham production and after 48 hours of Nham fermentation using mixed bacterial starter cultures (Carbohydrate source as main studied factors).

Treatment	Reducing sugars (%)+Standard deviation	
	after production	after 48 hours of fermentation
1	1.3864±0.0331 ^a	0.8540±0.0171 ^a
2	1.0120±0.0897 ^b	0.4316±0.0124 ^b
3	0.5141±0.0102 ^c	0.0000±0.0000 ^c
4	0.8283±0.0479 ^d	0.4459±0.0065 ^b
5	0.9079±0.0025 ^e	0.2244±0.0055 ^d
6	0.7058±0.0137 ^f	0.1448±0.0078 ^e
Total	0.8924±0.2813	0.3501±0.2820

Note: mean within column with different superscripts differ significantly at $P<0.05$

น้ำตาลรีดิวซ์จะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกมีผลทำให้ความเป็นกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น จากการทดลองค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกหลังจากการผลิตมีค่าคิดเป็นร้อยละ 0.5861±0.0350 จะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.1083±0.0305 หลังจากการหมักได้ 48 ชั่วโมง ซึ่งการทดลองใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันจะไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของกรดทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) ทั้งการผลิตและหลังจากหมักได้ 48 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกได้ มีความสามารถใช้ น้ำตาลรีดิวซ์เพื่อเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกได้ในระดับหนึ่ง มีข้อเสนอแนะว่า ถ้ามีน้ำตาลรีดิวซ์มากจะผลิตกรดได้มากขึ้น.

Table 3. Total acidity as lactic acid after Nham production and after 48 hours Nham fermentation using mixed bacterial starter cultures (Carbohydrate source as main studied factors).

Treatment	Total acidity as lactic acid (%)+Standard deviation	
	after production	after 48 hours of fermentation
1	0.5733±0.0289	1.0967±0.0289
2	0.5500±0.0458	1.1200±0.0200
3	0.5967±0.0153	1.0933±0.0451
4	0.5900±0.0458	1.0900±0.0200
5	0.5833±0.0155	1.1267±0.0451
6	0.6235±0.0231	1.1233±0.0115
Total	0.5861±0.0350	1.1083±0.0305

ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์หมักหลังจากการผลิตสามารถวัดได้ มีค่าเฉลี่ย 6.14 ± 0.03 ซึ่งมีสิ่งทดลองเฉพาะสิ่งทดลองที่ 6 ที่ใช้แป้งข้าวโพดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต มีค่า pH แตกต่างจากสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ (ตารางที่ 4) หลังจากทำการหมักหนมได้ 48 ชั่วโมง ค่า pH จะลดลงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 ± 0.08 จากการทดลองพบว่า การใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันมีผลทำให้การลดลงของ pH มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ (ตารางที่ 4) ซึ่งจากข้อมูลที่ทำกรทดลองแสดงถึงความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ ค่าความเป็นกรดทั้งหมดน่าจะขึ้นอยู่กับค่า pH เนื่องจากเครื่องวัด pH มีความแปรผันได้ในช่วงจุดศุภนิยามอย่างมาก และค่าที่แสดงกับความแตกต่างกันก็เป็นค่าของจุดศุภนิยามด้วย.

Table 4. pH of Nham after production and after 48 hours Nham fermentation using mixed bacterial starter cultures. (Carbohydrate source as main studied factors).

Treatment	pH $\pm$ Standard deviation	
	after production	after 48 hours of fermentation
1	6.16 ± 0.02^a	4.54 ± 0.01^a
2	6.13 ± 0.02^a	4.54 ± 0.02^a
3	6.15 ± 0.02^a	4.69 ± 0.03^b
4	6.16 ± 0.02^a	4.69 ± 0.03^b
5	6.14 ± 0.02^a	4.50 ± 0.02^c
6	6.08 ± 0.04^b	4.59 ± 0.51^d
Total	6.14 ± 0.03	4.59 ± 0.08

Note : mean within column with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$.

จากการใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์หมักที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ โดยพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ใช้แป้งข้าวโพดในสูตรการผลิตมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงแตกต่างจากแหล่งคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ กล่าวคือ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตคิดเป็นร้อยละ 11.1233 ± 0.3951 ส่วนการใช้ข้าวเหนียวในสูตรการผลิตหมักมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 2.4633 ± 0.2442 (ตารางที่ 5) หลังจากทำการหมักหนมได้ 48 ชั่วโมง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ และพบว่าการใช้แป้งข้าวโพดในสูตรการผลิต ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลงมากกว่าแหล่งคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ ค่อนข้างมาก (ตารางที่ 5) แต่ยังคงมีปริมาณเหลืออยู่มากกว่าแหล่งคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ เช่นกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้น จากการใช้แป้งข้าวโพดในสูตรการผลิตมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งอาจเป็นไปได้ที่เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ไม่สามารถเปลี่ยนแป้งที่มีโมเลกุลสูงของข้าวโพดให้เป็นพวกกลูโคสได้อย่างมีประสิทธิภาพ.

ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้เชื้อแบคทีเรียประเภท Nitrate reducing bacteria คือ *Micrococcus varians* ซึ่งสามารถเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ และในสภาพความเป็นกรดไนไตรท์ จะเป็น Nitric oxide และจะรวมกับกรดของเนื้อคือ Myoglobin ได้สารสีชมพูที่ไม่คงตัวของ Nitrosomyoglobin ซึ่งจากการทดลองพบว่าปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์หลังจากเสร็จสิ้นการผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.01$ ของสิ่งทดลองทั้ง 6 และพบว่าสิ่งทดลองที่ 2 มีปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่สูงแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ (ตารางที่ 6) กล่าวคือ มีปริมาณ 187.4067 ± 1.3914 ppm. ซึ่งเป็นสิ่งทดลองที่ใช้ข้าวเจ้าเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต ทั้งนี้เนื่องจากในสิ่งทดลองที่ใช้ข้าวเจ้าในสูตรการผลิตนี้ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ค่อนข้างมาก (ร้อยละ 1.0120 ± 0.0897) ซึ่งเชื้อ *Micrococcus varians* สามารถใช้น้ำตาลรีดิวซ์จำนวนหนึ่งในการเจริญเติบโต และมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนไนเตรทไปเป็นไนไตรท์มากขึ้นนั่นเอง แต่หลังจากการหมักไปเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่จะลดลงในทุกสิ่งทดลองเหลืออยู่ในปริมาณค่าเฉลี่ย 20.0900 ± 1.2298 ppm. และปริมาณ

Table 5. Carbohydrate content after Nham production and after 48 hours of Nham fermentation using mixed bacterial starter cultures (Carbohydrate source as main studied factors).

Treatment	Carbohydrate (%)+Standard deviation	
	after production	after 48 hours of fermentation
1	2.4633±0.2442 ^a	2.1367±0.2274 ^a
2	3.4967±0.4051 ^b	2.7600±0.0854 ^b
3	11.1233±0.3951 ^c	9.2700±0.5927 ^c
4	4.1967±0.3753 ^d	3.9533±0.0462 ^d
5	4.1833±0.3453 ^d	3.7000±0.1900 ^d
6	4.6700±0.0700 ^e	4.1800±0.2750 ^d
Total	5.0222±2.9116	4.3333±2.3982

Note: mean within column with different superscripts differ significantly at P<0.05

ไนโตรที่ที่เหลืออยู่ในแต่ละสิ่งทดสอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุการลดลงของปริมาณไนโตรที่นี้ เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก ผลิตภัณฑ์ระหว่างการหมัก ทำให้ระบบมีสภาพความเป็นกรดมากขึ้น จึงทำให้ไนโตรที่มีการเปลี่ยนเป็น Nitric oxide และรวมตัวกับ Myoglobin ได้สารสีชมพูของ Nitrosomyoglobin นั้นเอง (Wiriyacharee, 1990) ซึ่งจากการทดลองของ Wiriyacharee (1990) ได้รายงานว่าเชื้อ *Micrococcus varians* จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไนโตรที่ไปเป็นไนโตรที่ในช่วงแรกของการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กิจกรรมของเชื้อในการเปลี่ยนไนโตรที่เป็นไนโตรที่นั้นควรเกิดขึ้นระหว่าง 2-16 ชั่วโมงแรกของการหมักได้ยกทั่วไป (Deidel et al, 1961) ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่า *Micrococcus varians* ควรมีกิจกรรมเกิดขึ้นก่อนที่จะถูกยับยั้ง เนื่องจากสภาพสิ่งแวดล้อมที่เป็นกรดมากขึ้น การเกิดสีชมพูของแหนมเนื่องจาก *Micrococcus varians* ในสภาพที่ไม่มี Lactic acid bacteria ร่วมด้วย จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของแหนมได้เร็วขึ้น แหนมที่ผลิตโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมดังกล่าวจะเปลี่ยนเป็นสีแดงชมพู หลังจาก 3 ชั่วโมง นับจากเริ่มบรรจุ (Wiriyacharee, 1990) ดังนั้น การที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ค่อนข้างมากในช่วงแรก ๆ ของการหมัก มีผลช่วยให้เชื้อ *Micrococcus varians* เจริญได้ดี และเปลี่ยนไนโตรที่เป็นไนโตรที่ได้ดี ซึ่งในสิ่งทดสอบที่ใช้ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว น่าจะเป็นสิ่งทดสอบที่ควรนำมาใช้ในการผลิตแหนมได้เหมาะสม โดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม ทำให้ได้คุณภาพของแหนมที่ดี ทั้งในแง่สีที่ปรากฏและความเปรี้ยวที่เกิดขึ้น.

Table 6. Residual nitrite after Nham production and after 48 hours of Nham fermentation using mixed bacterial starter cultures (Carbohydrate source as main studied factors).

Treatment	Residual nitrite (ppm)+Standard deviation	
	after production	after 48 hours of fermentation
1	180.9667±2.4150 ^a	21.1767±0.6986
2	187.4067±1.3914 ^b	20.4533±1.5544
3	120.1933±2.5132 ^c	19.9700±1.4762
4	122.6067±0.6986 ^c	19.6467±1.2756
5	137.9000±2.5148 ^d	20.6133±0.4850
6	129.0467±2.4150 ^e	18.6800±0.4800
Total	149.3533±28.2442	20.0900±1.2298

Note: mean within column with different superscripts differ significantly at P<0.05

จากผลการทดลองทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมทั่วไป 16 ท่าน ทำการทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์แทนที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม รวมกับการใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน จะมีผลแตกต่างทางด้านประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 7.

Table 7. Sensory evaluation of Nham made with mixed bacterial starter cultures and different carbohydrate source.

Treatment	Colour	Firmness	Sourness	Spiciness	Overall acceptability
1	3.81±0.54 ^a	2.68±0.48 ^a	3.88±0.50 ^a	3.25±1.00 ^a	3.31±1.01 ^a
2	4.12±0.72 ^a	3.67±0.60 ^b	3.56±0.51 ^a	3.18±0.66 ^a	3.62±0.62 ^{ab}
3	3.88±0.62 ^a	3.56±0.51 ^b	3.44±0.51 ^a	2.94±0.93 ^a	3.06±0.93 ^a
4	3.62±0.62 ^b	3.69±0.70 ^b	2.94±0.99 ^b	3.19±0.75 ^a	3.18±1.04 ^a
5	4.12±0.34 ^a	3.56±0.72 ^b	3.50±0.82 ^a	4.06±0.68 ^b	4.12±0.72 ^{ab}
6	3.50±0.63 ^c	3.44±0.51 ^b	3.06±0.93 ^{ab}	2.94±0.77 ^a	3.31±0.79 ^a
Total	3.84±0.62	3.44±0.68	3.39±0.79	3.26±0.87	3.44±0.91

Note: 1. use 16 general panelists

2. mean within column with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$

3. large score means better attribute than small score.

จากการทดลองความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แทนที่ผลิต โดยใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมร่วมกับแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เป็นข้าวเจ้า ข้าวเหนียว แป้งถั่วเหลือง และแป้งสาลี มีลักษณะที่ปรากฏดีกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ กล่าวคือ มีสเกลความชอบในแง่ที่ปรากฏเท่ากับ 3.81-4.12 (ตารางที่ 7) ผลิตภัณฑ์แทนที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวในสูตรการผลิต มีความแน่นเนื้อที่น้อยกว่าการใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ (มีค่าสเกลความชอบเท่ากับ 2.68±0.48) ส่วนในด้านความเปรี้ยว ผลิตภัณฑ์แทนที่ใช้น้ำส้มมะขามเปียงและแป้งข้าวโพดในสูตรการผลิต จะมีความเปรี้ยวที่น้อยกว่าการใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตประเภทอื่นๆ (มีค่าสเกลความชอบเท่ากับ 2.94±0.93) นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ผลิตโดยใช้แป้งข้าวสาลีเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกลิ่นของเครื่องเทศที่ดีกว่าการใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ (มีค่าสเกลความชอบเท่ากับ 4.06±0.68) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์แทนที่ผลิตโดยใช้ข้าวเจ้าหรือแป้งสาลีเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชอบรวมที่ดีที่สุด มีสเกลความชอบรวมเป็น 3.62-4.12

จากลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แทนที่ทั้ง 6 ตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าแทนที่ใช้น้ำข้าวเจ้าและแป้งสาลี เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต มีลักษณะรวมต่าง ๆ ที่ค่อนข้างดีกว่าการใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตแหล่งอื่น ๆ แต่ถ้าพิจารณาประกอบกับค่าทางเคมีข้างต้นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสม จึงน่าจะเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตประเภทข้าวเจ้าที่สามารถใช้ร่วมกับการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์ผสมแล้ว จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมทั้งในแง่การผลิตและคึก การสร้างรสชาติของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการหมัก 48 ชั่วโมง

สรุปผลการทดลอง

แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมต่อการผลิตแทนที่โดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม คือ ข้าวเจ้า ซึ่งสูตรการใช้ข้าวเจ้าดังกล่าวในการผลิตจะมีปริมาณน้ำคาลรีตัวที่ค่อนข้างสูง เพื่อให้เชื้อแบคทีเรียประเภท Nitrate reducing bacteria เจริญเติบโตและเปลี่ยนไนเตรตเป็นไนไตรท์ได้ค่อนข้างดี และปริมาณน้ำคาลรีตัวที่เชื้อสามารถให้ Lactic acid bacteria นำไปสร้างกรดได้ค่อนข้างดี และมิฉะนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีความแน่นเนื้อที่ดี และมีผลต่อการพัฒนาสีที่ปรากฏที่ดีด้วย อีกทั้งมีการยอมรับของผู้บริโภคที่ดีเช่นกัน.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติที่ได้สนับสนุนการวิจัย มา ณ โอกาสนี้ด้วย.

เอกสารอ้างอิง

- คำนวนดา, จรูญ. (2509). การค้นคว้าเรื่องหมักไทยคอนที่หนึ่งว่าด้วยยีสันทรีย์ที่เป็นตัวการในหมัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- เคระภัญญาวัฒน์, สมบูรณ์. (2518). การศึกษาสัณทรีย์ที่เป็นตัวการในระหว่างการทำหมัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- วิริยาริ, ไพโรจน์ และ หันพงศ์กิตติกุล, ชวิญ. (2533, 2535). ปฏิบัติการอุตสาหกรรมการหมัก. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วิริยาริ, ไพโรจน์. (2535). การวางแผนและการวิเคราะห์ทางค่าประสาธสัมพันธ์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- โสมะฐิติ, สุทธิ. (2525). การสำรวจเชื้อโรคดำได้บางชนิดในหมัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- AOAC. (1984). Official Methods of Analysis (13rd edition) Association of official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Bacus, J. (1984). Utilization of Microorganisms in Meat Processing. Research Studies Press, Ltd., England.
- Deibel, R.H., Niven, C.F. Jr., and Wilson, G.D. (1961). Microbiology of meat curing III. Some microbiological and related technological aspects in the manufacture of fermented sausages. Appl. Microbiol., 9:156-165.
- Gatchalian, M.M. (1981). Sensory Evaluation Methods with Statistical Analysis. Collage of Home Economics, University of the Philippines, Philippines.
- Gibbs, P.A. (1987). Novel uses for lactic acid fermentation in food preservation. J. Appl. Bacteriol. Symposium Supplement, 51S-58S.
- Institute of Food Technologists. (1981) Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. Food Technology, 35(11): 50-59.
- Miller, G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. Analytical Chemistry 31:426-428.
- Pearson, D. (1976). The Chemical Analysis of Food. Churchill Livingstone. London and New York.
- Srisomwong, P. (1985). The study of lactic acid bacteria in Nham. M.Appl. Sci. Thesis, University of New South Wales, Australia.
- Tanasupawat, S., and Daengsubha, W. 1983. *Pediococcus* species and related bacteria found in fermented foods and related materials in Thailand. J. Gen. Appl. Microbiol., 29:487-506.

Walonick, D.S. (1987). Stat-Packets. Walonick Associates Inc., Minneapolis, MN

Wiriyacharee, P. (1990). The Systematic Development of a Controlled Fermentation Process Using Mixed Bacterial Starter Cultures for Nham, a Thai Semi-dry Sausage. Ph.D. Thesis in Product Development in Food Fermentation, Massey University, New Zealand.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมโดยใช้เทคโนโลยี เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม

2. ผลของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวต่อ การผลิตกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์

ไพโรจน์ วรรณจารี¹, ลักขณา รุจนะไกรภานต์¹ และ ปานจิตต์ คุญชะวดี¹

NHAM PRODUCT DEVELOPMENT USING MIXED BACTERIAL STARTER CULTURES

2. EFFECT OF COOKED RICE AND STICKY RICE ON LACTIC ACID PRODUCTION

Pairote Winyacharee¹, Lakkana Rujanakraikarn¹, and Panjit Kunchavaree¹

ABSTRACT : 1-3% of cooked rice and sticky rice was used as carbohydrate source for Nham production using mixed bacterial starter cultures. It was used by the cultures for lactic acid production affecting the good quality of Nham. For this experiment, it was found that 3% of cooked rice and 1% of sticky rice were suitable for Nham production. The carbohydrate was changed into reducing sugars rapidly at 6 hours of fermentation. The reducing sugars then decreased later since they were used to produce lactic acid. As a result of this, the Nham was composed of total acidity as lactic acid (1.03%), pH (4.36), and residual carbohydrate (1.203%) after 48 hours of fermentation. Additionally, the product was accepted with the mean ideal ratio score of 0.86±0.17. It was also to be high quality in terms of many attributes except colour and saltiness which was higher mean ideal ratio score.

บทคัดย่อ : ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวร้อยละ 1-3 นำมาใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต ร่วมในสูตรการผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม เพื่อให้เชื้อสามารถนำไปผลิตเป็นกรดแลคติกให้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพที่ดีของผลิตภัณฑ์ จากการทดลองพบว่าการใช้ข้าวเจ้า ร้อยละ 3 ร่วมกับข้าวเหนียวร้อยละ 1 ในสูตรการผลิตแหนมจะเป็นสูตรที่เหมาะสมต่อการ

¹ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50002.

¹ Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50002.

ผลิต โดยเชื้อสามารถเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ค่อนข้างมากใน 6 ชั่วโมงแรกของการหมักและเปลี่ยนเป็นกรดแลกติกในระยะเวลาถัดมา คิดเป็นปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลกติกร้อยละ 1.03 ความเป็นกรดเป็นด่าง 4.36 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เหลืออยู่ร้อยละ 1.203 หลังจาก 48 ชั่วโมงของการหมัก ผลิตภัณฑ์แห้งเห็ดควรตั้งกล่าว มีค่า Mean ideal ratio score ของการยอมรับรวมเท่ากับ 0.85 ± 0.17 แทนจะมีลักษณะต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกับค่าที่ควรจะเป็น (Ideal) ยกเว้นลักษณะของสีที่ปรากฏ และความเค็มของผลิตภัณฑ์ที่มีค่าค่อนข้างสูง.

คำนำ

แห้วหรือหม้อมเป็นอาหารหมักประเภทเนื้อประเภทหนึ่งของไทย โดยทั่วไปการผลิตแห้วในปัจจุบันยังคงพึ่งพาเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรดได้ตามธรรมชาติ ซึ่งมีทั้งจุลินทรีย์ประเภท Homofermentative lactic acid bacteria และ Heterofermentative lactic acid bacteria ในการหมักแห้ว โดยทั่วไปพบว่าในระยะ 4 วันแรกของการหมัก แห้วจะมีปริมาณกรดสูงขึ้น มีความสัมพันธ์กับค่าการลดลงของ pH หลังจากระยะดังกล่าวแล้วค่า pH จะคงที่โดยยังคงมีการสร้างกรดเพิ่มขึ้น การเพิ่มปริมาณกรดนอกจากจะสัมพันธ์กับค่า pH แล้วยังมีความสัมพันธ์กับจำนวนและชนิดของจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักด้วย เนื่องจากการหมักแห้วที่ยังขึ้นกับเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ จากสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้ผู้ผลิตมีความเสี่ยงต่อการผลิตค่อนข้างสูง การผลิตแต่ละครั้งมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ คุณภาพและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์มีความแปรผันค่อนข้างมาก และไม่สามารถควบคุมเวลาที่ใช้ในการผลิต ซึ่งขึ้นกับฤดูกาลที่ทำการผลิต รวมถึงเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดในธรรมชาติที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ ซึ่งทำให้เกิดการแข่งขันการเจริญเติบโต ทำให้เชื้อที่จำเป็นในการหมักมีการเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร อีกทั้งการหมักแบบพื้นบ้านมีความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคในการรับประทานแห้ว เนื่องจากส่วนมากนิยมรับประทานในลักษณะดิบ.

การใช้เทคโนโลยีการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทต่อการผลิตอาหารหมักของ โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์แห้ว โดยเริ่มจากการใช้เชื้อบริสุทธิ์สายพันธุ์เดี่ยว คือ *Lactobacillus* sp. หรือ *Pediococcus* sp. ในผลิตภัณฑ์แห้ว โดยได้ทำการทดลองในปี 2528 (H-kittikun et al., 1988) ต่อมาได้มีวิวัฒนาการในการนำเชื้อบริสุทธิ์ผสมเริ่มต้นมาใช้ในการหมักแห้ว ซึ่ง Wiriyaacharee et al. (1990) ได้ทดลองใช้เชื้อผสม เริ่มต้นระหว่าง *Lactobacillus plantarum* (NHI 110) *Pediococcus cerevisiae* (NZDRI) และ *Micrococcus varians* (ATCC 15306) พบว่าสามารถปรับปรุงคุณภาพแห้วได้ โดยผลิตภัณฑ์มีการผลิตกรดที่ดี แห้วมีคุณภาพดีมากในแง่ลักษณะเนื้อสัมผัสและสี และผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยสูง กรดแลกติกที่เกิดขึ้นนั้นเนื่องมาจาก Lactic acid bacteria ใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เติมลงไปเพื่อทำให้ pH ลดลงอย่างรวดเร็ว (Pezacki, 1978).

การทดลองครั้งนี้ต้องการที่จะทราบว่าผลของแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ใช้กันทั่วไปคือ ข้าวเหนียว และ/หรือ ข้าวเจ้า มีผลต่อการผลิตกรดแลกติก โดยเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมในผลิตภัณฑ์แห้วอย่างไร? ซึ่งมีผลต่อคุณภาพแห้วและความนิยมของผู้บริโภคมากน้อยเพียงไร? ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรการผลิตแห้วโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมต่อไป.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

แผนการทดลอง การวิจัยครั้งนี้ได้วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial design โดยมีข้าวเจ้า และข้าวเหนียวเป็นปัจจัยหลักในการศึกษา ดังนี้ :

ปัจจัย A	= ข้าวเจ้า	(Cooked rice; CR)
a_1	= ร้อยละ 1	(ระดับต่ำ)
a_2	= ร้อยละ 3	(ระดับสูง)
ปัจจัย B	= ข้าวเหนียว	(Sticky rice; SR)
b_1	= ร้อยละ 1	(ระดับต่ำ)
b_2	= ร้อยละ 3	(ระดับสูง)

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง (ตารางที่ 1) และจะประกอบด้วย สิ่งทดลอง ณ ระดับกึ่งกลางของแต่ละปัจจัย อีก 2 สิ่งทดลอง รวมเป็น 6 สิ่งทดลอง.

Table 1. 2^2 Factorial design and 2 center points with cooked rice and sticky rice as carbohydrate source at 3 different levels using mixed bacterial starter cultures.

Treatment	Coded level	Factors	
		Cooked rice (%)	Sticky rice (%)
	+	3	3
	0	2	2
	-	1	1
(1)		-	-
a		+	-
b		-	+
ab		+	+
CP ₁		0	0
CP ₂		0	0

a = cooked rice ; b = sticky rice ; (1) = control ; cp = centerpoint

กระบวนการผลิตขนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อยีสต์เริ่มต้นผสม

นำเนื้อหมูแดงมาละลายเอามันหมูออก ล้าง และทำให้สะอาด นำเนื้อหมูแดงมาบดด้วยเครื่องบดเนื้อนำไปเก็บในหีองเย็นอุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส ส่วนหนังหมูนำมาละลายเอาส่วนมันออกให้มากที่สุด นำมาต้มและหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 0.1 x 2-4 เซนติเมตร เก็บในหีองเย็นเช่นกัน ทำการเตรียมกระเทียมสับคุด พริกไทยป่น พริกขี้หนูบด ข้าวเหนียว หรือข้าวเจ้าบด กุ้งโคส เกลือแกง โซเดียมไนเตรท โซเดียมไนไตรท์ โซเดียมฮิสโซเบท ผงชูรส และโซเดียมไตรฟอสเฟต โดยเตรียมในสัดส่วนดังแสดงในตารางที่ 1 และที่ 2.

ผสมส่วนผสมเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสมที่ความเร็ว 40 รอบต่อนาที ประมาณ 1 นาที จึงเติมเชื้อยีสต์เริ่มต้นผสมที่เตรียมขึ้นในสัดส่วนดังตารางที่ 2 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมความเร็ว 40 รอบต่อนาที ประมาณ 2 นาที นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในเครื่อง Stuffer และอัดเข้าสู่ถุงพลาสติกกรุปรงกระบอก ริดปลายให้แน่นด้วยยาง หรือ Clips เหล็ก เก็บที่อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส.

การเตรียมเชื้อยีสต์เริ่มต้นผสม

Lactobacillus plantarum และ *Pediococcus cerevisiae* ถูกเตรียมขึ้นเป็นเชื้อเริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS โดยบ่มเพาะเชื้อในตู้บ่ม 30 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ส่วน *Micrococcus varians* ได้เตรียมเป็นเชื้อเริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI (Brain Heart Infusion Broth) โดยบ่มเพาะเชื้อในตู้บ่ม 30 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง.

Table 2. Ingredients and quantity for Nham production made with mixed bacterial starter cultures (cooked rice and sticky rice as the main factors).

Ingredients	Quantity
Meat system:	
Ground lean pork (%)	80
Sliced pork skin (%)	20
Curing agents:	% of meat system
Sodium chloride (NaCl)	3
Sodium nitrate (NaNO_3)	0.03
Sodium nitrite (NaNO_2)	0.02
Sodium tripolyphosphate ($\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$)	0.3
Sodium erythobate	0.05
Starter cultures :	cfu/g of meat system
<i>Lactobacillus plantarum</i>	10^7
<i>Pediococcus cerevisiae</i>	10^6
<i>Micrococcus varians</i>	10^3
Carbohydrate source:	% of meat system
Glucose	0.5
Cooked rice or sticky rice	1-3
Seasonings :	% of meat system
Minced garlic	4
White pepper (powder)	0.05
Minced bird chilli	2
MSG	0.2

ก่อนที่จะนำไปเค็มลงในแหนม เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นข้างต้นจะถูกนำมาเจือจางในสัดส่วนที่เหมาะสม และตรวจนับจำนวนในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar สำหรับเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ที่สามารถผลิตกรดแลคติกได้ และในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI agar สำหรับเชื้อ *Micrococcus varians* อย่างไรก็ตาม เชื้อเริ่มต้นทั้งสามจะถูกเตรียมขึ้นก่อนการผลิตแหนมตามเวลา และอุณหภูมิที่กำหนดข้างต้นเสมอเพื่อให้เชื้อมีกิจกรรมที่ดี จึงจะนำมาเค็มลงในกระบวนการโดยมีการคำนวณดังนี้

ถ้าแหนมต้องการเชื้อ *P. cerevisiae* 10^6 cfu/g ดังนั้น ปริมาณของแหนม ต้องการเชื้อถึง 10^9 cfu แต่ใน Stock culture ของ *P. cerevisiae* มี 10^{10} cfu/ml ดังนั้น ใน 0.1 ml ของ Stock culture จะมีเชื้อ *P. cerevisiae* 10^9 cfu เป็นต้น อย่างไรก็ตาม 0.1 ml ของ Stock culture ยากต่อการเติมและผสมผสานให้เข้ากันในกระบวนการ ดังนั้นจึงเติมน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วลงไปอีกประมาณ 2 ml ก่อนเค็มลงในกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

แหนมที่เตรียมได้ตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นของทุก ๆ สิ่งทดลองจะเก็บไว้ในตู้เย็น (Incubator) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และสุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์ค่าทางเคมี คือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าความเป็นกรดทั้งหมดที่คิดเทียบกรดแลคติก (Total acidity as lactic acid) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugars) และปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ตามวิธีของ AOAC (1984), Miller (1959), Pearson (1976), Wriyacharee (1990) และ วิริยจาวี กับ หันพงศ์ศักดิ์กุล (2533, 2535) ในช่วงเวลาที่ทำการบ่มไว้ 0, 6, 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบครั้งนี้จะเป็นการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ในด้านสีของผลิตภัณฑ์ (Colour) ลักษณะเนื้อที่ปรากฏ (Visual texture) ความแน่นเนื้อ (Firmness) ความนุ่มเนื้อ (Juiciness) ความเนียนเนื้อ (Smoothness) ความเปรี้ยว (Sourness) ความเค็ม (Saltiness) ความมีกลิ่นเครื่องเทศ (Spiciness) และการยอมรับรวมต่อผลิตภัณฑ์ (Overall acceptability) โดยการทดสอบจะนำตัวอย่างที่หมักได้ 48 ชั่วโมง มาทำการทดสอบชิม โดยใช้วิธีการ Ideal ratio profile ซึ่งให้ผู้ทดสอบชิมทั่วไป จำนวน 8 ท่าน ทำการทดสอบและประเมินค่าดังกล่าว (Wriyacharee, 1990 และ วริยจารี, 2535).

การวิเคราะห์และแปลผล

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะนำมาหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ เช่น Analysis of variance และ Stepwise regression analysis โดยใช้ Stat-Packets Package (Waltonick, 1987) ซึ่งปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ Stepwise regression analysis จะทำการ coding ดังนี้ ปัจจัยที่มีระดับค่า กลาง และสูง ให้รหัสว่า -1, 0 และ +1 ตามลำดับ อีกทั้งข้อมูลในระหว่างการหมักต่าง ๆ จะถูกนำมาสร้างกราฟ เพื่อศึกษาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงในสิ่งทดลองต่างๆ.

ผลการทดลองและวิจารณ์

แฮมที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบิริสุทธิเริ่มต้นผสมระหว่าง Lactic acid bacteria 2 สายพันธุ์ และ Nitrate reducing bacteria 1 สายพันธุ์ พบว่าจากการใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรต 2 ประเภท คือ ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว ทำให้เชื้อดังกล่าวโดยเฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ประเภท Lactic acid bacteria สามารถใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตผลิตเป็นกรดแลคติกได้ จากการทดลองผลิตภัณฑ์จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้น (pH) ประมาณ 6.01-6.12 และมีค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกร้อยละ 0.54-0.56 ในระหว่างการหมักช่วง 6 ชั่วโมงแรก การเปลี่ยนแปลงของค่าดังกล่าวทั้งสองจะเกิดขึ้นไม่มากนัก และค่า pH จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงหลัง 6-18 ชั่วโมง และลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่ง 48 ชั่วโมงของการหมัก ซึ่งพบว่าค่า pH ที่ 48 ชั่วโมง มีค่า 4.36-4.52 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดทั้งหมด โดยควรจับค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติก คิดเป็นร้อยละ 0.90-1.09 ในชั่วโมงที่ 48 (ดังแสดงในภาพที่ 1) ซึ่งจากการทดลองของ Wriyacharee *et al.* (1990) โดยใช้เชื้อบิริสุทธิเริ่มต้นผสม พบว่าผลิตภัณฑ์มีการผลิตกรดได้อย่างดีเยี่ยม เชื้อบิริสุทธิเริ่มต้นประเภท *Lactobacillus plantarum* จะมีผลต่อการลดลงของ pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงแรกของการหมักแฮม โดยการเปลี่ยนแหล่งคาร์โบไฮเดรตให้เกิดเป็นกรดแลคติก เมื่อ pH ลดลงเรื่อย ๆ จะทำให้โปรตีนถูกทำลายไป มีการเกิดเจลขึ้น ทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์เริ่มแน่นแข็งและเหนียวขึ้น อีกทั้งพบว่าเชื้อ *Pediococcus cerevisiae* มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของแฮมในช่วงหลังของการหมัก ซึ่งการเจริญเหมาะสมที่สุดของเชื้อนี้จะอยู่ที่ pH ประมาณ 5.0 (Buchanan and Gibbons, 1974) ดังนั้นสภาพสิ่งแวดล้อมของการหมักช่วงท้ายจึงเหมาะสมที่เชื้อดังกล่าวจะเจริญเติบโต เพราะช่วงหลังของการหมัก pH ของแฮมมีค่าใกล้เคียงกับค่า pH ที่เชื้อสามารถเจริญเติบโตได้ดี และทำให้ผลิตภัณฑ์แฮมเหนียวมากขึ้น ด้วยเหตุนี้การใช้เชื้อบิริสุทธิเริ่มต้นผสมระหว่าง *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* จึงมีผลต่อการลดลงของ pH หรือการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด และมีผลกระทบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของแฮมได้.

การลดลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์แฮมจะขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ กล่าวคือ ถ้ายิ่งเพิ่มระยะเวลาการหมักมากขึ้นค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะยิ่งลดลง ดังแสดงตามสมการ (Coding equation) ดังนี้ :

$$\frac{1}{\text{pH}} = 0.1653 + 0.0014 (\text{Time}) ; R^2 = 0.8756$$

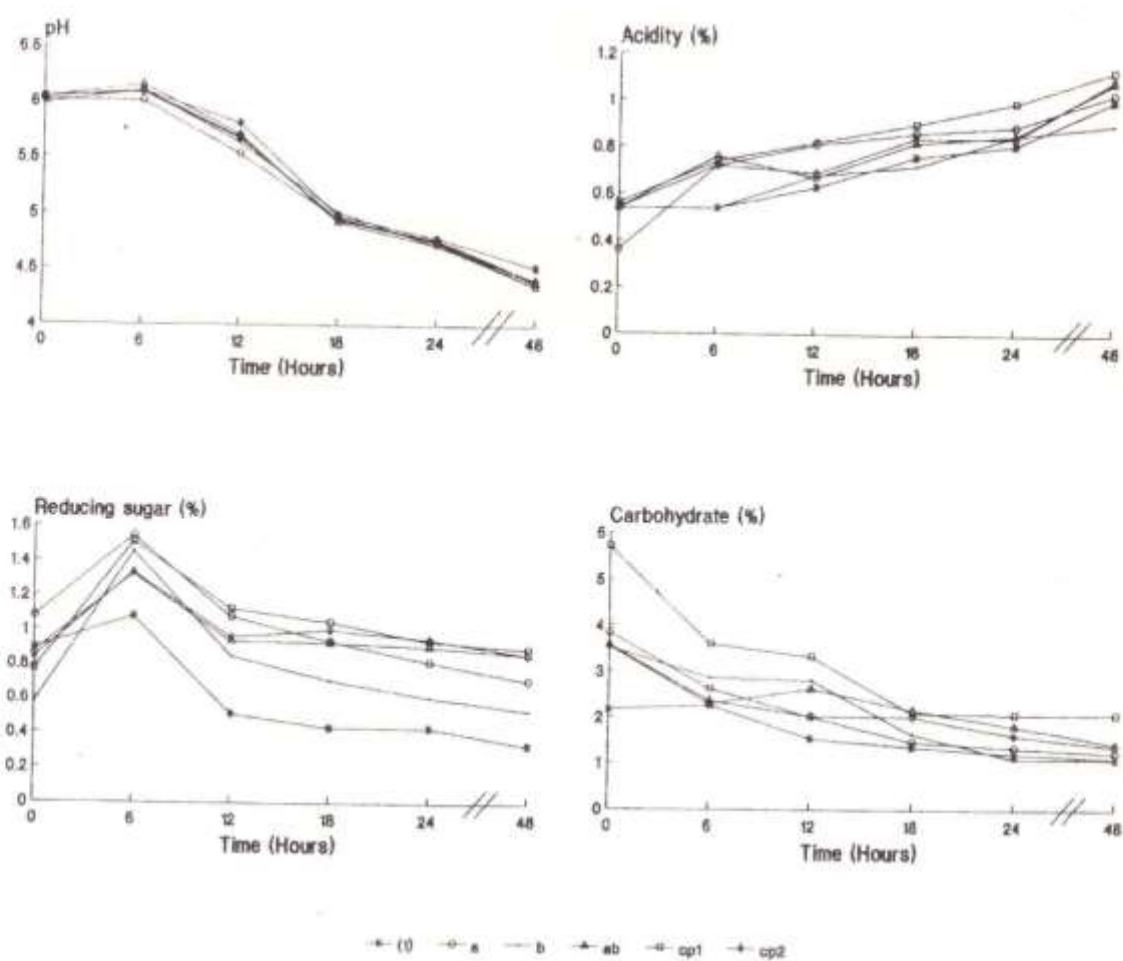


Figure 1. Chemical changes during 48 hours of Nham fermentation by use of mixed bacterial starter cultures (Carbohydrate source as main factors).

และพบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ยังขึ้นกับแหล่งคาร์โบไฮเดรต คือ ข้าวเจ้า และข้าวเหนียวในระหว่างการหมัก 48 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 3 และพบว่าข้าวเจ้ามีผลต่อการลดลงของ pH ค่อนข้างมากในช่วงแรกของการหมัก ส่วนข้าวเหนียวจะการลดลงของ pH ในช่วงกลางและช่วงท้ายของการหมัก แต่จะหน่วงเหนี่ยวการลดลงของ pH ในช่วงต้นของการหมัก.

Table 3. Coded equation of pH during 48 hours of Nham fermentation with different carbohydrate source using mixed bacterial starter cultures.

Response variable	Coded equation	R ²
pH (6 hours)	$= 6.0850 - 0.0075 (CR)$ $+ 0.0375 (SR) + 0.0375 (CRSR)$	0.9892
pH (12 hours)	$= 5.6750 - 0.0500 (CR)$ $+ 0.0850 (CRSR) - 0.01000 (CR)^2$	0.9974
pH (18 hours)	$= 4.9550 - 0.0275 (CR)$ $- 0.0175 (CRSR) + 0.0225 (CR)^2$	0.9768
pH (24 hours)	$= 4.7650 - 0.0250 (SR)$ $- 0.0200 (CR)^2$	0.7857
pH (48 hours)	$= 4.3950 - 0.0275 (CR)$ $- 0.0275 (SR) + 0.0525 (CRSR)$ $+ 0.0175 (CR)^2 -$	0.9944

CR = cooked rice ; SR = sticky rice

จากการทดลองพบว่า การลดลงของ pH จะเป็นไปอย่างรวดเร็วที่ 18 ชั่วโมงของการหมัก (ดังภาพที่ 1) และจากการสร้างภาพสามมิติพบว่า ถ้าหากมีการใช้ข้าวเจ้าที่ระดับสูง (ร้อยละ 3) และข้าวเหนียวระดับต่ำ (ร้อยละ 1) จะมีค่า pH 4.97 ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้ข้าวเจ้าร้อยละ 1 และข้าวเหนียวร้อยละ 3 จะมีค่า pH 5.02 (ภาพที่ 2) ดังนั้นมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ข้าวเจ้าในระดับที่สูงร้อยละ 3 และข้าวเหนียวที่ระดับต่ำร้อยละ 1 ในสูตรการผลิตแหนมเพื่อให้มีค่า pH ลดลงในระดับที่เหมาะสม.

การเพิ่มขึ้นของความเป็นกรดมีความสัมพันธ์กับการลดลงของ pH ในระหว่างการหมักแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบิวรีทูชเริ่มต้นผสม กล่าวคือ ความเป็นกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับการเพิ่มระยะเวลาของการหมักให้มากขึ้น อีกทั้งยังขึ้นกับปริมาณข้าวเจ้าที่เติมลงไป ในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ ดังสมการ (coded equation) ดังนี้ :

$$\text{Acidity (\%)} = 0.4497 + 0.0625 (\text{Cooked rice}) + 0.0831 (\text{Time} + 1)^{1/2}$$

$$R^2 = 0.9294$$

นอกจากนี้แหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นข้าวเจ้าจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของกรดแลคติก โดยเชื้อบิวรีทูชเริ่มต้นผสมในช่วงแรกของการหมัก ส่วนข้าวเหนียวจะมีผลในช่วงกลาง และช่วงท้ายของการหมักแหนม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ (ดังตารางที่ 4) ซึ่งผลที่ได้มีทิศทางตรงกันข้ามกับการลดลงของความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์.

จากผลการทดลองการผลิตกรดแลคติก โดยใช้เชื้อบิวรีทูชเริ่มต้นผสมที่ 18 ชั่วโมง พบว่าถ้าหากใช้ข้าวเจ้าในปริมาณร้อยละ 3 และข้าวเหนียวร้อยละ 1 จะมีค่าความเป็นกรดทั้งหมดร้อยละ 0.86 ซึ่งไม่แตกต่างมากนักจากการใช้ข้าวเจ้า และข้าวเหนียวร้อยละ 3 รวมกัน ในสูตรการผลิต ส่วนถ้าหากใช้ข้าวเจ้าร้อยละ 1 และข้าวเหนียวร้อยละ 3 จะมีค่าความเป็นกรดทั้งหมดที่ต่ำกว่า คือ ร้อยละ 0.72 (ดังแสดงในภาพที่ 2).

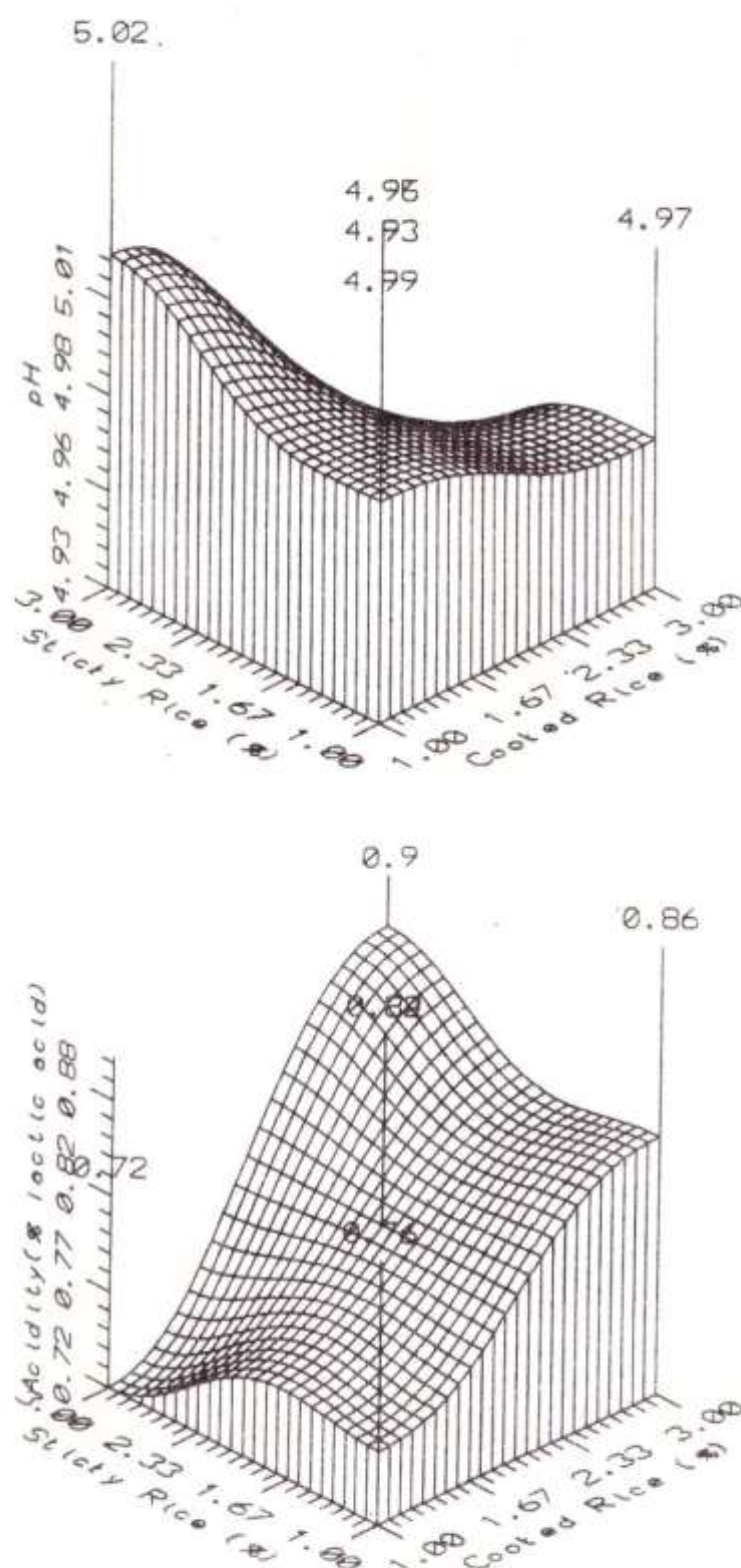


Figure 2. pH and total acidity as lactic acid at 18 hours of Nham fermentation by use of mixed bacterial starter cultures (Carbohydrate as main factors).

Table 4. Coded equation of total acidity (%) during 48 hours of Nham fermentation with different carbohydrate source using mixed bacterial starter cultures.

Response variable	Coded equation	R ²
Acidity (6 hours)	$= 0.7400 + 0.0950(\text{CR}) - 0.1050(\text{CR})^2$	0.9700
Acidity (12 hours)	$= 0.6800 + 0.0800(\text{CR}) + 0.0150(\text{SR}) + 0.0550(\text{CR})^2$	0.9760
Acidity (18 hours)	$= 0.8300 + 0.0700(\text{CR}) + 0.0200(\text{CRSR}) - 0.0250(\text{CR})^2$	0.9821
Acidity (24 hours)	$= 0.8450 + 0.0550(\text{CR}) + 0.0350(\text{SR}) + 0.0150(\text{CRSR}) + 0.0400(\text{CR})^2$	0.9953
Acidity (48 hours)	$= 1.0850 + 0.0650(\text{CR}) + 0.0500(\text{CRSR}) - 0.0700(\text{CR})^2$	0.9973

CR = cooked rice ; SR = sticky rice

การที่เชื้อ Lactic acid bacteria ใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตในการผลิตกรดแลคติกนั้น เชื้อดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงแหล่งคาร์โบไฮเดรตเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนที่จะใช้น้ำตาลรีดิวซ์เปลี่ยนเป็นการผลิตกรดแลคติกอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการหมัก คิดเป็นร้อยละ 1.078-1.540 และจะลดลงอย่างมากในช่วง 12 ชั่วโมงของการหมักเหลือร้อยละ 0.506-1.122 และลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่ง 48 ชั่วโมง เหลือน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ ประมาณ 0.330-0.891 (ดังแสดงในภาพที่ 1) จากสาเหตุดังกล่าวมีผลทำให้การไบโอเคตรลดลงเรื่อย ๆ จากร้อยละ 2.157-5.705 ลดลงเหลือร้อยละ 1.096-2.042 หลังจาก 48 ชั่วโมงของการหมัก (ภาพที่ 1).

จากการวิเคราะห์พบว่า เมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะลดลงเรื่อยๆ อีกทั้งข้าวเจ้ามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ ดังแสดงในสมการ (Coded equation) ดังนี้ :

$$\frac{1}{\text{Reducing sugars}(\%)} = 0.3559 + 0.0133 (\text{Time}) + \frac{1.0750}{\text{cooked rice} + 2}$$

$R^2 = 0.5226$

อย่างไรก็ตามในระหว่าง 48 ชั่วโมงของการหมักข้าวเจ้าและข้าวเหนียว จะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ (ดังตารางที่ 5).

และพบว่าในช่วง 18 ชั่วโมงของการหมัก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะเกิดขึ้นในระบบ ร้อยละ 1.045 ถ้าหากมีการใช้ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวร้อยละ 3 รวมในสูตรของขนม และจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ประมาณร้อยละ 0.704 ถ้าหากมีการใช้ข้าวเหนียวในระดับสูงร้อยละ 3 และข้าวเจ้าร้อยละ 1 นอกจากนั้นถ้ามีการใช้ข้าวเจ้าร้อยละ 3 และข้าวเหนียวร้อยละ 1 จะทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในช่วง 18 ชั่วโมงของการหมัก ประมาณร้อยละ 0.935 (ดังแสดงในภาพที่ 3).

Table 5. Coded equation of reducing sugars (%) during 48 hours of Nham fermentation with different carbohydrate source using mixed bacterial starter cultures.

Response variable	Coded equation	R ²
RS (6 hours)	= 1,3255 + 0.1292(CR) + 0.0852(SR) - 0.1018(CRSR) + 0.0687(CR) ²	0.9992
RS (12 hours)	= 0.9460 + 0.2118(CR) + 0.0963(SR) - 0.0743(CRSR) - 0.0578(CR) ²	0.9980
RS (18 hours)	= 0.9625 + 0.2118(CR) + 0.0963(SR) - 0.1842(CR) ²	0.9571
RS (24 hours)	= 0.9240 - 0.1788(CR) + 0.0742(SR) - 0.2283 (CR) ²	0.9895
RS (48 hours)	= 0.8580 + 0.1843(CR) + 0.0963(SR) - 0.2448(CR) ²	0.9999

RS = Reducing sugars ; CR = Cooked rice ; SR = Sticky rice

อย่างไรก็ตามในระหว่างการทำหมักได้ 18 ชั่วโมง การใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตทั้งสองในระดับที่สูงร้อยละ 3 ร่วมกันในสูตร จะยังคงมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเหลืออยู่ค่อนข้างสูงประมาณร้อยละ 2.086 และ การใช้ข้าวเหนียวร้อยละ 3 และข้าวเจ้าร้อยละ 1 ทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเหลืออยู่มากกว่าการใช้ข้าวเหนียวเพียงร้อยละ 1 ร่วมกับข้าวเจ้าร้อยละ 3 กล่าวคือ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเหลืออยู่ร้อยละ 1.624 และ 1.453 ตามลำดับ (ภาพที่ 3) สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการที่โครงสร้างของข้าวเหนียวและข้าวเจ้ามีความแตกต่างกัน และข้าวเหนียวมีโครงสร้างที่ซับซ้อนกว่าข้าวเจ้า กล่าวคือ ข้าวเหนียวมีโครงสร้างและการเกาะตัวของกลูโคสแบบ α -1,6-glucosidic linkage ขณะที่ข้าวเจ้ามีการเกาะตัวของกลูโคสแบบ α -1,4-glucosidic linkage มากกว่า จึงทำให้เชื้อสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายได้มีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เหลืออยู่แตกต่างกันด้วย.

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์จะลดลงเรื่อย ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $P < 0.01$ ตามการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการหมักทั้งหมด แต่แหล่งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวมีผลต่อการคงเหลือปริมาณคาร์โบไฮเดรตในระบบเช่นกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ ดังแสดงในสมการ (Coded equation) และตารางที่ 6.

$$\begin{aligned}\text{Log (Carbohydrate \%)} &= 0.8229 + 0.0524 (\text{Cooked rice}) + 0.0854 (\text{Sticky rice}) \\ &= 0.2650 (\text{Time} + 1)^{1/4} \\ R^2 &= 0.9088\end{aligned}$$

จากการทดลองปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เค็มลงไปในสูตรจะถูกเชื้อบิวตทรีน่าไปใช้ในการสร้างกรด ซึ่งสุดท้ายหลัง 48 ชั่วโมงของการหมัก ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะลดลง คงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่ควรเหลืออยู่มากนัก เพราะเชื้อจุลินทรีย์ประเภทอื่นๆ อาจนำไปใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตเพื่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะเชื้อยีสต์และแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโทษ.

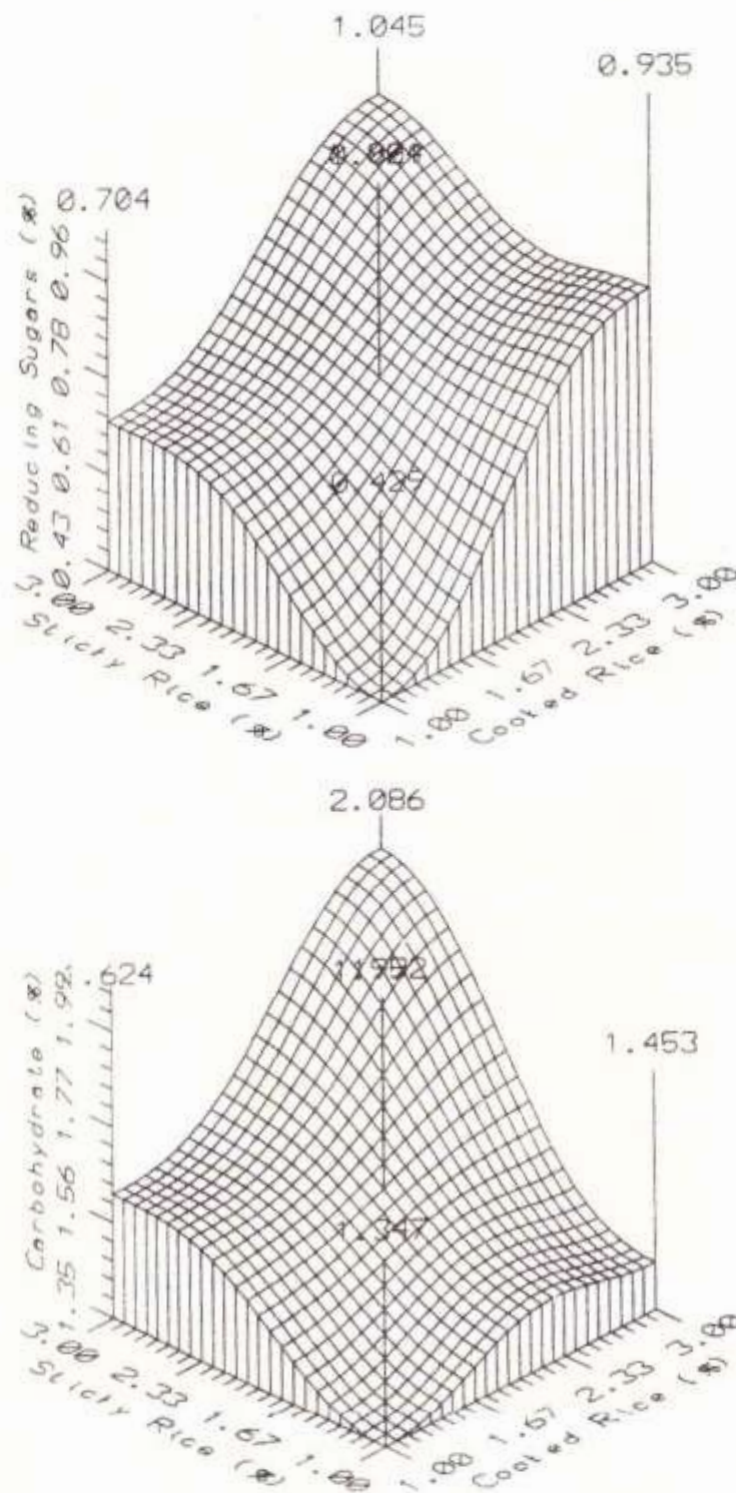


Figure 3 Reducing sugars and carbohydrate content at 18 hours of Nham fermentation by use of mixed bacterial starter cultures (Carbohydrate as main factors).

Table 6. Coded equation of carbohydrate (%) during 48 hours of Nham fermentation with different carbohydrate source using mixed bacterial starter cultures.

Response variable	Coded equation	R ²
CHO (6 hours)	$= 2.3115 + 0.2713(\text{CR}) + 0.3918(\text{SR})$ $+ 0.0933(\text{CRSR}) + 0.5112(\text{CR})^2$	0.9969
CHO (12 hours)	$= 2.0125 + 0.2455(\text{CR}) + 0.6445(\text{SR})$ $+ 0.3940(\text{CR})^2$	0.9998
CHO (18 hours)	$= 1.9260 + 0.1420(\text{CR}) + 0.2275(\text{SR})$ $+ 0.0890(\text{CRSR}) - 0.2985(\text{CR})^2$	0.9946
CHO (24 hours)	$= 1.6194 + 0.2808(\text{SR})$	0.8061
CHO (48 hours)	$= 1.3730 + 0.1407(\text{CR}) + 0.3322(\text{SR})$ $+ 0.0873(\text{CRSR}) + 0.1088(\text{CR})^2$	0.9953

CHO = Residual carbohydrate; CR = Cooked rice; SR = Sticky rice

Table 7. Mean ideal ratio score of Nham after 48 hours of fermentation with different carbohydrate source using mixed bacterial starter cultures.

Attributes	Mean ideal ratio score $\pm$ Standard deviation
Colour	1.15 $\pm$ 0.28
Visual texture	0.94 $\pm$ 0.27
Firmness	0.98 $\pm$ 0.21
Juiciness	0.94 $\pm$ 0.14
Smoothness	0.96 $\pm$ 0.25
Spiciness	0.97 $\pm$ 0.23
Sourness	0.87 $\pm$ 0.19
Saltiness	1.10 $\pm$ 0.32
Overall acceptability	0.86 $\pm$ 0.17

จากการทดสอบทางค่านประสาธน์ของผู้บริโภคที่มีคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในลักษณะต่าง ๆ ของแฮมแต่ละอย่างใด เมื่อมีการใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรต ข้าวเจ้า และข้าวเหนียวที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่าทางค่านประสาธน์ของความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ จะมีค่า Mean ideal ratio score เท่ากับ 0.87 $\pm$ 0.19 และค่าความแน่นเนื้อมีค่าเท่ากับ 0.98 $\pm$ 0.21 ส่วนค่าอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 7 จะเห็นว่าลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แฮมมีค่าใกล้เคียงกับลักษณะที่ดีเลิศของผลิตภัณฑ์ คือ 1.00 ในลักษณะเนื้อที่ปรากฏ ความแน่นเนื้อ ความนุ่มเนื้อ ความเ็นเนื้อ นึกลิ้นเครื่องเทศ ความเปรี้ยว ส่วนลักษณะที่ค่อนข้างสูงของลักษณะที่ควรจะเป็นคือ ทางค่านสี และความเค็มของแฮม จากการทดลองครั้งนี้การยอมรับของผู้บริโภครวมต่อผลิตภัณฑ์แฮมมีค่า Mean ideal ratio score ค่อนข้างดี คือ 0.86 $\pm$ 0.17

สรุปผลการทดลอง

แฮมที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม แหล่งคาร์โบไฮเดรตนับว่ามีความสำคัญต่อการผลิตกรดแลกติกโดยเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าว การใช้ข้าวเจ้าในระดับร้อยละ 3 ร่วมกับการใช้ข้าวเหนียวร้อยละ 1 ในสูตรการผลิตแฮมจะเป็นสูตรที่ค่อนข้างดี ซึ่งมีผลต่อการผลิตกรดแลกติกได้ประมาณร้อยละ 1.03 และ pH ประมาณ 4.36 หลังจากการหมักได้ 48 ชั่วโมงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ มีการยอมรับรวมที่ค่อนข้างสูง และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเหลืออยู่ค่อนข้างน้อยในผลิตภัณฑ์แฮม.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนการวิจัย มา ณ โอกาสนี้ด้วย.

เอกสารอ้างอิง

- วริยจารี, ไพโรจน์. (2535). การวางแผนและการวิเคราะห์ทางค่านประสาทสัมผัส. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วริยจารี, ไพโรจน์ และ หันพงศ์กิตติกุล, อรุณ. (2533, 2535). ปฏิบัติการอุตสาหกรรมการหมัก. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- AOAC. (1984). Official Methods of Analysis (13th ed.) Association of official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Buchanan, R.E., and Gibbons, N.E. (1974). Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. The Williams and Wilkins Compang, Baltimore.
- H-kittikun, A, Wriyacharee, P., and Rujanakraikarn, L. (1988). Nham (Thai fermented pork) making with starter cultures, p. 427-429. In : Proceedings 34th International Congress of Meat Science and Technology. Brisbane, Australia.
- Miller, G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry, 31: 426-428.
- Pearson, D. (1976). The Chemical Analysis of Foods. Churchill Livingstone. London and New York.
- Pezacki, W. (1978). Technological control of dry sausage ripening. VIII. Effect of predrying on the dynamics of carbohydrate changes taking place at the beginning of ripening. Fleischwirtschaft, 58: 124-126, 129-132, 135.

Walonick, D.S. (1987). Stat-Packets. Walonick Associates Inc., Minneapolis, MN.

Wriyacharee, P. (1990). The Systematic Development of a Controlled Fermentation Process Using Mixed Bacterial Starter Cultures for Nham, a Thai Semi-dry Sausage. Ph.D. Thesis in Product Development in Food Fermentation, Massey University, New Zealand.

Wriyacharee, P., Brooks, J.D., Earle, M.D., and Page, G. (1990). The improvement of a traditional Thai fermented pork sausage by use of mixed starter cultures. In : Fermentation Technologies: Industrial Applications Conference, Massey University, Palmerston North, New Zealand.

สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารราคาถูกโดยมี องค์ประกอบของกรดอะมิโนแตกต่างกัน

วันดี เจียรเจริญ¹ และ ประทีป ราชแพทยาคม²

PRODUCTION PERFORMANCE OF LAYERS FED LEAST-COST RATIONS WITH VARYING AMINO ACID CONTENT

Wandee Jearcharearn¹ and Prateap Rachapaetayakom²

ABSTRACT : A total of 192 laying Hisex hens, 22 weeks of age, were divided into 6 groups in a replicate groups of four birds each. The birds were housed in individual wire cages and given feed and water *ad libitum*. Eight replicates of four birds each were randomly assigned to one of six test diets containing different amino acid levels as follows : Control diet according to Suwan; 75, 100 and 125% of the NRC recommendation (1984) and 75 and 100% of Scott recommendation (1982). The experiment was divided into six periods of four weeks each. The results indicated that the diet in which the level of amino acid is 100% of NRC recommendation gave the best results because it gave the least cost of feed per dozen eggs, high egg production and satisfactory egg weight, feed consumption and feed consumption per dozen egg. Between the laying hens which received the rations with 75 and 100% of Scott's recommendation there was no significant difference in egg production, egg weight and feed consumption per dozen of eggs. The diet containing 75% of recommendation had lower cost of feed per dozen egg production than that with 100% of the recommendation.

บทคัดย่อ : ไก่ไข่พันธุ์ไฮสแกนจำนวน 192 ตัว อายุ 22 สัปดาห์ จัดแบ่งออกเป็น 6 พวกๆ ละ 8 ซ้ำๆ ละ 4 ตัว แต่ละตัวถูกเลี้ยงในกรงคอกซี่งเดี่ยว มีน้ำและอาหารให้กินตลอดเวลาคตามแผนการทดลองแบบ Completely randomized design ไก่ไข่แต่ละพวกได้รับอาหารที่มีระดับของกรดอะมิโน ตามคำแนะนำของสุวรรณ และคณะ (2526) เป็นพวกเปรียบเทียบ, 75, 100 และ 125% ของคำแนะนำของ NRC (1984), 75 และ 100% ของคำแนะนำของ Scott และคณะ (1982) ระยะเวลาในการทดลองแบ่งออกเป็น 6 ช่วงๆ ละ 4 สัปดาห์ ผลการทดลองเห็นได้ว่า อาหารที่มีระดับของกรดอะมิโน 100% ตามคำแนะนำของ NRC ให้ผลดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากมีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล ถูกที่สุด และให้ผลผลิตไข่ที่ดี รวมทั้งน้ำหนักไข่ ปริมาณอาหารที่กิน และปริมาณอาหารที่ใช้ต่อการผลิตไข่ 1 โหล เป็นที่น่าพอใจอีกด้วย เมื่อลดระดับของกรดอะมิโนในอาหารตามคำแนะนำของ Scott ลงเหลือ 75% ผลปรากฏว่า ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ และปริมาณอาหารที่ใช้ต่อการผลิตไข่ 1 โหล แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับพวกที่ได้รับอาหารที่มีระดับของกรดอะมิโน 100% ของคำแนะนำของ Scott ซึ่งเป็นผลให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล ถูกกว่าที่ระดับ 100% ของคำแนะนำ.

¹ ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50002.

² ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 10900.

¹ Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002, Thailand.

² Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

คำนำ

โดยทั่วไปการคำนวณสูตรอาหารไก่ไข่ นั้น สูตรอาหารที่คำนวณจะมีการปรับระดับโปรตีนให้เพียงพอตามความต้องการของไก่ไข่ เพื่อจะนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายได้ทั้ง 3 ส่วน คือ 1. โปรตีนสำหรับการให้ผลผลิตไข่ 2. โปรตีนเพื่อการดำรงชีพ 3. โปรตีนสำหรับการเจริญของเนื้อเยื่อและการสร้างขน (Scott *et al.*, 1982) ซึ่งระดับของโปรตีนที่ใช้กันอยู่มีความผันแปรมาก ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับระดับผลผลิต และต้นทุนในการผลิตไข่ แต่อย่างไรก็ตาม ความต้องการโปรตีนของไก่ไข่ขึ้นอยู่กับผลผลิตไข่ (จำนวนและขนาดโดยเฉลี่ย) มากกว่าการเพิ่มของน้ำหนักตัว ความต้องการ โปรตีนเพื่อดำรงชีพประมาณ 2-4 กรัม แต่ความต้องการโปรตีนสำหรับการสร้างไข่สูงถึง 10-12 กรัม (Peterson *et al.*, 1966) ซึ่ง Thayer *et al.* (1973) รายงานไว้ว่า โปรตีนที่ระดับ 14-19 กรัม/ตัว/วัน และมีความสมดุลของกรดอะมิโนในแต่ละระดับโปรตีน ไก่ได้รับอาหารเต็มที่ที่มีการจำกัดโดยระดับพลังงานในอาหารซึ่งที่โปรตีนระดับดังกล่าวเพียงพอต่อการให้ไข่ในช่วง 20 สัปดาห์แรกของการให้ไข่ แต่ไก่ไข่จะเลือกกินอาหารที่ระดับโปรตีน 15 กรัม/ตัว/วัน เป็นระดับต่ำสุด เช่นเดียวกับที่ Morris and Blackburn (1982) รายงานไว้ว่า ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนไม่เพียงพอจะกินอาหารได้มากขึ้นเพื่อชดเชยปริมาณโปรตีนที่ขาดไป แต่ระดับของผลผลิตก็ยังต่ำกว่าพวกที่ได้รับโปรตีนระดับสูงกว่า ส่วนระดับของพลังงานนั้น การวัดสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ การใช้ระดับของโปรตีน หรือพลังงานเป็นตัวกำหนดได้ดีกว่าการใช้อัตราส่วนของพลังงานต่อโปรตีน (Pesti, 1990) อย่างไรก็ตาม การคำนวณสูตรอาหารโดยใช้ระดับโปรตีนเพียงอย่างเดียวเป็นตัวกำหนดนั้น บางครั้งอาจทำให้ระดับของกรดอะมิโนในสูตรอาหารเกินความต้องการได้ ซึ่งเป็นผลเสียทางเศรษฐกิจ เนื่องจากในปัจจุบันวัตถุดิบอาหารสัตว์ราคาสูงขึ้นโดยเฉพาะแหล่งโปรตีน นอกจากการคำนวณสูตรอาหารในปัจจุบันมีความสะดวกมากขึ้น มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการคำนวณสูตรอาหารเพื่อให้ได้สูตรอาหารที่ราคาถูกที่สุด และมีองค์ประกอบโภชนาตามความต้องการให้มีในสูตรอาหาร การใช้ความต้องการกรดอะมิโนมาเป็นตัวกำหนดในการคำนวณสูตรอาหารย่อมทำได้ง่ายขึ้น ส่วนความต้องการกรดอะมิโนในแต่ละตัวนั้น ได้มีการศึกษาทดลองไว้มากมาย สามารถเลือกนำมาใช้ได้ตามความเหมาะสม โดยสามารถจัดอันดับความสำคัญของกรดอะมิโน โดยมีเมไทโอนีน และซิสทีนเป็นกรดอะมิโนที่จำกัดอันดับแรก (First limiting amino acid) และทรีปโตเฟน เป็นกรดอะมิโนจำกัดอันดับสอง ส่วนสูตรอาหารที่มีระดับ โปรตีนต่ำนั้นทรีปโตเฟนเป็นกรดอะมิโนที่จำกัดอันดับแรก ส่วนเมไทโอนีนและซิสทีนเป็นกรดอะมิโนที่จำกัดอันดับสอง (Morris and Blackburn, 1982) กรดอะมิโนที่จำกัดอันดับสาม และสี่คือ ในสูตรอาหารข้าวโพด-กากถั่วเหลือง คือ ไฮสทูลีน และแวนิลิน (Colnago and Jensen, 1991).

Table 1. Essential amino acid requirement in layer ration.

Amino acid	Crude Protein (%)	Amino acid requirement	Reference
Methionine + Cystine (SAA)	-	0.533% or 530 mg/day/hen	Harm and Damron (1969)
	-	750 mg/day/hen	Schutte <i>et al.</i> (1983)
	16.0	0.61%	Wiseman (1987), Calderon and Jensen (1990)
	19.0	0.67%	Calderon and Jensen (1990)
	13.0	0.54%	
	16.0	0.65%	
	19.0	0.73%	
Lysine	-	0.700-0.750% or 800-850 mg/day/hen	March and Biely (1972)
	-	666-788 mg/day/hen	Jensen <i>et al.</i> (1974)
	16.0	0.75%	Wiseman (1987)
	-	0.70-0.80%	Omar <i>et al.</i> (1989)
Tryptophane	11.9	0.11%	Bray (1986)
	16.0	0.17%	Wiseman (1987)

Table 1. (Continued)

Amino acid	Crude Protein (%)	Amino acid requirement	Reference
Isoleucine	13.5	0.613%	
	16.1	0.752%	Hurwitz and Bornstein (1978)
	13.0	0.675%	Colnago and Jensen (1991)
Valine	13.5	0.673%	Hurwitz and Bornstein (1978)
	16.0	0.65%	Wiseman (1987)
	13.0	0.61%	Colnago and Jensen (1991)
Treonine	16.0	0.42%	Adkins <i>et al.</i> (1958)
	16.0	0.52%	Wiseman (1987)
	13.5	0.515%	
	16.1	0.625%	Hurwitz and Bornstein (1978)
Arginine	-	0.61-0.71%	Adkins <i>et al.</i> (1961)

จากรายงานความต้องการกรดอะมิโนแต่ละชนิดนั้น (แสดงไว้ในตารางที่ 1) จะเห็นได้ว่าแตกต่างกันแล้วแต่ความเหมาะสมกับสภาวะต่าง ๆ เช่น ปริมาณการกินอาหาร/ตัว/วัน ระดับโปรตีนในอาหาร และระดับผลผลิตที่ต้องการ ซึ่งถ้าคำนึงถึงผลทางเศรษฐกิจแล้วไม่จำเป็นต้องคำนวณสูตรอาหารให้มีปริมาณกรดอะมิโนในสูตรอาหารสูงที่สุดตามความต้องการก็ได้ McDonald and Morris (1985) รายงานว่าระดับกรดอะมิโนที่ให้จะมีผลถึงการให้ผลกำไรสูงสุดที่ได้รับจากฝูงไก่ไข่ที่ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับผลผลิตสูงสุด ส่วน Gous and Kleyn (1989) รายงานว่า การได้รับกรดอะมิโนจำกัดอันดับแรกสูงสุด มีผลให้ได้รับกรดอะมิโนตัวอื่น ๆ สูงสุดด้วยเช่นกัน เนื่องจากส่วนเหลือของรายได้หลังจากหักต้นทุนของกรดอะมิโนตัวเดียวหรือจากหลาย ๆ ตัว มีความผันแปรตามกัน กรดอะมิโนที่มีส่วนเหลือของรายได้หลังจากหักต้นทุนกรดอะมิโนสูงสุดจะเป็นตัวจำกัดอัตราการผลิตไข่ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องให้อาหารที่มีระดับของกรดอะมิโนสูงที่สุด เพื่อผลทางเศรษฐกิจ จึงควรลดระดับของกรดอะมิโนลงโดยใช้กรดอะมิโนจำกัดอันดับแรกเป็นตัวควบคุมระดับการผลิต.

ดังนั้น ในการศึกษาทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่คำนวณให้มีราคาถูก โดยใช้ระดับของกรดอะมิโนเป็นตัวกำหนด และพิจารณาถึงความเหมาะสมในด้านการผลิตและต้นทุนค่าอาหารเป็นสำคัญ.

อุปกรณ์และวิธีการ

ไก่ไข่พันธุ์ไฮเซก (Hisex) จำนวน 192 ตัว อายุเริ่มทดลอง 22 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มทดลอง (Completely Randomized Design) โดยแบ่งสัตว์ทดลองออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 32 ตัว ในแต่ละกลุ่มแบ่งเป็น 8 กลุ่มย่อย แต่ละกลุ่มย่อยประกอบด้วยไก่ไข่จำนวน 4 ตัว ทำการสุ่มให้ไก่ไข่ในแต่ละกลุ่มกินอาหารทดลองสูตรใดสูตรหนึ่ง ดังนี้คือ :

สูตรที่ 1 อาหารเปรียบเทียบ โดยใช้สูตรอาหารที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบันของฟาร์มสัตว์ทดลองของภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ตามคำแนะนำของ สุวรรณ และคณะ (2526).

สูตรที่ 2, 3 และ 4 ใช้อาหารที่มีองค์ประกอบของกรดอะมิโนตามคำแนะนำของ NRC (1984) แต่ให้มีระดับของกรดอะมิโนทุกตัว 75, 100 และ 125 เปอร์เซ็นต์ ของคำแนะนำ.

สูตรที่ 5 และ 6 ใช้อาหารที่มีองค์ประกอบของกรดอะมิโนตามคำแนะนำของ Scott *et al.*, (1982) แต่ให้มีระดับของกรดอะมิโนทุกตัว 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของคำแนะนำ.

ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารและโภชนาของอาหารทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3 คำนวณสูตรอาหาร โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป สำหรับใช้ในการคำนวณสูตรอาหาร คาฟน์ เวอร์ชัน 2.0 (CAFF, Computer Aided Feed Formulation) ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณสูตรอาหาร ราคาถูก หรือ Least cost ration formulation (อุทัย และคณะ, 2533) งานทดลองกระทำที่ ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ทดลอง ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยเริ่มทดลองตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2534 ถึง พฤศจิกายน 2534 การบันทึกข้อมูลด้านผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กิน ใช้ค่าเฉลี่ยแต่ละช่วงการทดลอง (ช่วงละ 28 วัน) น้ำหนักไข่วัดจากจำนวนไข่ทุกฟองของ 3 วันสุดท้ายในแต่ละช่วง ซึ่งน้ำหนักตัวไก่เมื่อเริ่มต้นทดลอง วันสุดท้ายของช่วงที่ 3 และช่วงที่ 6.

Table 2. Composition and nutrient contents of the experimental layer rations.

Ingredients (%)	Treatment					
	1	2	3	4	5	6
Corn	38.25	64.86	57.10	47.46	61.19	50.16
Ricebran	27.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
SBM (44% CP)	12.00	3.39	8.90	18.49	4.86	15.84
Fishmeal (55% CP)	8.00	3.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Leucaena leaves meal	4.50	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Oyster shell	6.00	8.00	7.70	7.70	7.70	7.70
Dicalcium phosphate, DCP (18% P)	1.00	0.50	-	-	-	-
Bone meal	2.00	-	-	-	-	-
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
DL-methionine	-	-	0.05	0.10	-	0.05
Premix	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated Chemical composition (% As fed Basis) :						
Crude protein	16.90	11.00	14.50	18.00	13.00	17.00
ME, Kcal/Kg	2596	2819	2771	2665	2817	2696
Crude fat	5.11	4.84	4.82	4.53	4.95	4.61
Crude fiber	5.65	4.28	4.50	4.93	4.32	4.81
Calcium	3.32	3.44	3.45	3.47	3.44	3.46
Phosphorus-avail	0.44	0.36	0.39	0.40	0.38	0.39
Feed price, (Baht/kg) (Period 1-3)	5.20	4.17	4.76	5.29	4.51	5.05
Feed price, (Baht/kg) (Period 4-6)	5.40	4.26	4.95	5.56	4.67	5.35

ผลการทดลองและวิจารณ์

การที่แม่ไก่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนและกรดอะมิโนต่างกัน โดยใช้ระดับที่แนะนำโดย NRC (1984) [75, 100 และ 125%] ตลอดระยะเวลาการทดลอง 168 วัน [6 ช่วงการทดลอง, Periods] ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 ปรากฏว่า เมื่อลดระดับกรดอะมิโนในอาหารลงเหลือ 75% ผลผลิตไข่และน้ำหนักไข่ลดลงต่ำกว่าพวกอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในทุกช่วงของการทดลอง รวมทั้งประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณกรดอะมิโนไม่เพียงพอสำหรับให้ผลผลิต โดยเฉพาะไลซีนซึ่งมีในอาหารในปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับอาหารเปรียบเทียบ (ดังแสดงในตารางที่ 3) รวมทั้งปริมาณทริฟโรเฟน เมทไอโอนีน + ซีสตีล ซึ่ง Morris and Blackburn (1982) รายงานไว้ว่า เป็นกรดอะมิโนที่จำกัดขั้นต้นหนึ่ง และสองในสูตรอาหารโปรตีนต่ำ ก็มียูในปริมาณต่ำกว่าอาหารสูตรอื่น ๆ อีกด้วย และ

Table 3. Essential Amino acid contents of the experiment layers rations.

Amino acid (%)	Treatment *					
	1	2	3	4	5	6
Arginine	1.09	0.65	0.89	1.15	0.78	1.08
Histidine	0.42	0.30	0.38	0.46	0.34	0.44
Isoleucine	0.78	0.50	0.67	0.84	0.59	0.80
leucine	1.45	1.18	1.39	1.60	1.30	1.54
lysine	0.95	0.50	0.74	0.98	0.64	0.91
Methionine + Cystine **	0.62	0.45	0.59	0.72	0.50	0.65
Phenylalanine + Tyrosine ***	1.42	0.79	1.08	1.38	0.95	1.30
Treonine	0.65	0.42	0.56	0.69	0.50	0.65
Tryptophane	0.19	0.12	0.15	0.20	0.13	0.19
Valine	0.90	0.61	0.77	0.95	0.70	0.90

- * 1 Control diet
 2 75% of The NRC (1984) recommendation
 3 100% of The NRC (1984) recommendation
 4 125% of The NRC (1984) recommendation
 5 75% of The Scott (1982) recommendation
 6 100% of The Scott (1982) recommendation
 ** Half-Cystine
 *** Half-Tyrosine

เมื่อเพิ่มระดับของกรดอะมิโนจากคำแนะนำของ NRC (1982) เป็น 125% ผลผลิตไข่ และประสิทธิภาพการใช้
 อาหารไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับของกรดอะมิโน 100% ตามคำแนะนำของ NRC (1982)
 และกลุ่มเปรียบเทียบ แต่อย่างไรก็ตาม กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีระดับของกรดอะมิโน 125% มีแนวโน้มของ
 ผลผลิตไข่ที่ต่ำกว่าในช่วงของการทดลอง ถึงแม้ประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งสอดคล้อง
 กับรายงานของ Slagter and Waldroup (1984) ที่ว่าเมื่อใช้อาหารที่องค์ประกอบของกรดอะมิโนที่
 ค่ารวม และลดระดับลงเหลือ 70, 80% เติบโตให้ผลผลิตไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ที่
 ระดับ 100, 120% และของคำแนะนำของ NRC (1977) ผลที่ได้แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่
 จากการทดลองนี้เมื่อใช้อาหารที่มีระดับของกรดอะมิโน 100% ของคำแนะนำของ NRC (1982) ให้ผลดีเฉพาะ
 ใน 3 ช่วงแรกของการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากใน 3 ช่วงแรก ตามความสามารถประจำพันธุ์ของไก่ไข่ ไก่ไข่จะ
 สามารถให้ผลผลิตไข่ถึงระดับสูงสุด ดังนั้น จึงมีการดึงเอากรดอะมิโนในส่วนเนื้อเยื่อของร่างกายมาใช้ใน
 การสร้างไข่ได้บางส่วน เพื่อให้สามารถให้ผลผลิตที่ดีได้ แต่พอระยะ 3 ช่วงหลังของการทดลอง ปริมาณ
 กรดอะมิโนในส่วนเนื้อเยื่อของร่างกายเริ่มน้อยลง จนไม่สามารถดึงเอามาใช้ในการสร้างไข่ได้อีก ดังนั้นกรด
 อะมิโนในอาหารเพียงอย่างเดียวก็จะไม่เพียงพอสำหรับให้ผลผลิตที่ดีต่อไปได้ เมื่อพิจารณาทางด้านต้นทุน
 ค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล จะเห็นได้ว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีระดับของกรดอะมิโน 100% มีต้นทุนต่ำ
 ที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ McDonald and Morris (1985) ที่รายงานไว้ว่า ผลกำไรที่ได้รับจากไก่ไข่ก็คือ
 เมื่อไก่ไข่ได้รับอาหารที่มีการคำนวณให้มีระดับของกรดอะมิโนที่ทำให้ได้ผลผลิตไข่ใกล้เคียงกับผลผลิตสูงสุด.

เมื่อแม่ไก่ได้รับอาหารที่ระดับโปรตีน และกรดอะมิโนตามคำแนะนำของ Scott *et al.*
 (1982) ที่ระดับ 75 และ 100% ผลดังแสดงในตารางที่ 5 ปรากฏว่า เมื่อลดระดับของกรดอะมิโนลงเหลือ
 75% ของคำแนะนำ จะเห็นได้ว่าใน 3 ช่วงแรก ผลที่ได้แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กับพวกเปรียบเทียบ
 และพวกที่ได้รับอาหารที่มีระดับของกรดอะมิโน 100% ของคำแนะนำ ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของ
 Slagter and Waldroup (1984) ที่ว่าเนื่องจากปริมาณกรดอะมิโนที่แนะนำไว้โดย Scott *et al.*
 (1982) ในระดับ 100% ของคำแนะนำค่อนข้างสูงกว่าที่ระดับของกรดอะมิโน 100% ที่ Slagter and
 Waldroup (1984) ใช้ในการทดลอง ดังนั้นเมื่อลดระดับจากคำแนะนำของ Scott *et al.* (1982) ลงเหลือ
 75% จึงยังไม่ทำให้ผลผลิตมากใน 3 ช่วงแรก นอกจากนี้ไก่ยังสามารถดึงเอาของกรดอะมิโนในส่วนของ
 เนื้อเยื่อร่างกายมาใช้ในการสร้างไข่ได้บ้าง เพื่อให้ไก่สามารถผลิตไข่ได้ถึงระดับสูงสุด ตามความสามารถ

Table 4. Production performance of laying hens fed diets containing various levels of amino acid from the NRC recommendation (1984).

Period	Treatment*	Average production performance				Feed cost/ doz.eggs (Baht)	Body weight change (g)
		Egg Production (%)	Egg weight (g)	Feed intake (kg/hen/Period)	Feed efficiency kg/doz.eggs		
1 To 3	1	71.21 ^a	54.15 ^a	2.76 ^a	1.70 ^b	8.84	34.25
	2	49.01 ^b	51.90 ^b	2.20 ^b	2.10 ^a	8.76	-3.98
	3	70.53 ^a	52.25 ^{ab}	2.49 ^{ab}	1.58 ^b	7.52	45.00
	4	72.17 ^a	54.27 ^a	2.73 ^a	1.65 ^b	8.73	75.09
		(P<0.01)	(P<0.01)	(P<0.01)	(P<0.01)		
4 To 6	1	69.31 ^a	57.47 ^a	2.86 ^a	1.80 ^b	9.72	40.37
	2	40.60 ^c	55.57 ^b	2.41 ^b	2.53 ^a	10.78	26.56
	3	58.11 ^b	55.79 ^{ab}	2.50 ^b	1.85 ^b	9.16	7.81
	4	69.96 ^a	57.69 ^a	2.86 ^a	1.78 ^b	9.90	26.88
		(P<0.01)	(P<0.05)	(P<0.01)	(P<0.01)		
1 To 6	1	70.26 ^a	55.81 ^{ab}	2.81 ^a	1.75 ^b	9.28	74.62
	2	44.81 ^b	53.72 ^b	2.30 ^b	2.32 ^a	9.78	22.58
	3	64.32 ^a	54.03 ^{ab}	2.50 ^b	1.72 ^b	8.34	52.81
	4	71.07 ^a	55.98 ^a	2.80 ^a	1.72 ^b	9.31	101.97
		(P<0.01)	(P<0.01)	(P<0.01)	(P<0.01)		

^{a-c} means within column with different superscripts are significant different (P<0.05) or (P<0.01)

* See table 3

Table 5. Production performance of laying hens fed diets containing various level of amino acid from the Scott recommendation (1982).

Period	Treatment*	Average production performance				Feed cost/ doz.eggs (Baht)	Body weight change (g)
		Egg Production (%)	Egg weight (%)	Feed intake (kg/hen/Period)	Feed efficiency kg/doz.eggs		
1 To 3	1	71.21	54.15	2.76 ^a	1.70	8.84	34.25
	5	60.94	52.83	2.51 ^b	1.85	8.34	43.25
	6	68.86	54.28	2.64 ^{ab}	1.72	8.69	170.68
4 To 6	1	69.32 ^a	57.47	2.86	1.80	9.72	40.37
	5	52.74 ^b	57.66	2.61	2.12	9.90	36.88
	6	61.64 ^{ab}	58.22	2.67	2.12	11.34	0.11
1 To 6	1	70.26 ^a	55.81	2.81 ^a	1.75	9.28	74.62
	5	56.84 ^b	65.25	2.56 ^b	1.99	9.12	80.13
	6	65.26 ^a	56.25	2.66 ^{ab}	1.92	10.02	170.79

^{a-c} means within column with different superscripts are significant different (P<0.05)

* See table 3

ประจำพันธุ์ แต่เมื่อทดลองถึง 3 ช่วงหลัง และคิดเฉลี่ยตลอด 6 ช่วง จะเห็นได้ว่าผลผลิตไข่ต่ำกว่าพวก เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และมีแนวโน้มที่ต่ำกว่าพวกที่ได้รับอาหารที่มีระดับ ของกรดอะมิโน 100% ของคำแนะนำใน 3 ช่วงหลัง แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ถ้าคิดตลอด การทดลอง 6 ช่วงแล้ว ผลผลิตไข่ต่ำกว่าพวกที่ได้รับอาหารที่มีระดับของกรดอะมิโน 100 % ของคำแนะนำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อคำนวณปริมาณกรดอะมิโนในระดับ 75% ของคำแนะนำ ปริมาณกรดอะมิโนตัวอื่น ๆ ก็ยังคงสูงอยู่ ยกเว้น ไลซีน เมไทโอนีน+ซิสทีน ทรีปโตเฟน และฟีนิลอะ ลานีน+ไทโรซีน โดยเฉพาะ เมไทโอนีน+ซิสทีน และทรีปโตเฟน ซึ่งถือว่าเป็นกรดอะมิโนที่จำกัดใน อาหารไก่ (Morris and Blackburn, 1982) ดังนั้น จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้สมรรถภาพการผลิตไข่ลดลง ดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามไม่ผลต่อน้ำหนักไข่ และประสิทธิภาพการใช้อาหารแต่อย่างใด.

สำหรับผลทางด้านต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล พบว่า เมื่อลดระดับของกรด อะมิโนลงเหลือ 75 % ของคำแนะนำของ Scott *et al.* (1982) ต้นทุนค่าอาหารถูกกว่า เมื่อให้อาหารที่ ระดับของกรดอะมิโน 100% ของคำแนะนำเท่ากับ 9.87%

เมื่อนำผลการทดลองของพวกที่ได้รับอาหารที่มีระดับของกรดอะมิโนตามคำแนะนำของ NRC (1984) ที่ระดับ 100% ของคำแนะนำ ซึ่งให้ผลทางด้านสมรรถภาพการผลิตไข่เป็นที่น่าสนใจ และต้นทุน ค่า อาหารที่ถูกที่สุด มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองเมื่อให้อาหารที่ระดับของกรดอะมิโน 100% ของคำแนะนำ ของ Scott *et al.* (1982) ซึ่งมีผลทางด้านสมรรถภาพการผลิตไข่เป็นที่น่าสนใจเช่นกัน จะเห็นได้ว่าการ ให้อาหารที่มีระดับของกรดอะมิโน 100% ของคำแนะนำของ NRC (1984) ย่อมดีกว่าทางด้านต้นทุนค่า อาหารในการผลิตไข่ 1 โหล ซึ่งถูกกว่าถึงแม้สมรรถภาพการผลิตไข่ไม่แตกต่างกันมากนักก็ตาม.

เมื่อพิจารณาโดยรวมตลอดการทดลองทั้ง 6 ช่วงแล้ว จะเห็นได้ว่าผลที่ได้เป็นไปตามจุด ประสงค์ที่ต้องการ คือถ้าพิจารณาเฉพาะต้นทุนค่าอาหารเพียงอย่างเดียวโดยคำนึงถึงผลกำไรที่ได้ การใช้ องค์ประกอบของกรดอะมิโนตามคำแนะนำของ NRC (1984) ในระดับ 100% ของคำแนะนำ ก็เพียงพอแล้ว สำหรับการให้ผลผลิตไข่ตลอด 24 สัปดาห์ แต่ถ้าต้องการให้ฝูงไก่ให้ผลผลิตไข่และน้ำหนักไข่ที่ดี รวมทั้ง ต้นทุนค่าอาหารที่ไม่แพงมากนัก ก็ควรแบ่งช่วงของการให้อาหารออกเป็น 2 ช่วง คือ 12 สัปดาห์แรก ควร ให้อาหารที่มีระดับของกรดอะมิโน 100% ของคำแนะนำของ NRC (1984) ก็เพียงพอแล้ว สำหรับในช่วง 12 สัปดาห์หลัง ควรเพิ่มระดับของกรดอะมิโนในอาหารเป็น 125% ของคำแนะนำของ NRC (1984) ถึงแม้ จะทำให้ต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้นบ้าง แต่ก็ให้ผลดีทั้งทางด้านผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่.

สรุปผลการทดลอง

ในการให้อาหารที่มีองค์ประกอบของกรดอะมิโนในระดับที่แตกต่างกัน ในไก่ไข่ ช่วงระยะ แรกของการให้ไข่ (อายุ 22-46 สัปดาห์) สามารถสรุปการทดลองได้ดังต่อไปนี้ :

1. เมื่อลดระดับของกรดอะมิโนจากคำแนะนำของ NRC (1984) ลงเหลือ 75% ทำให้สมรรถ- ภาพการผลิตไข่ลดลง ($P < 0.01$) ทั้งผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่ใช้ต่อการผลิตไข่ 1 โหล และมีแนวโน้มที่ ทำให้น้ำหนักไข่ลดลงอีกด้วย เมื่อเพิ่มระดับของกรดอะมิโนจากคำแนะนำของ NRC (1984) เป็น 125% สามารถเพิ่มสมรรถภาพการผลิตในด้านผลผลิตไข่ ($P < 0.01$) เฉพาะใน 3 ช่วงหลังของการทดลองเท่านั้น และมีเพียงแนวโน้มที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบตลอดการทดลอง 6 ช่วง กับพวกที่ได้รับอาหารที่มีระดับ ของกรดอะมิโน 100% ของคำแนะนำของ NRC (1984) แต่อย่างไรก็ตาม การให้อาหารที่มีระดับของกรด อะมิโน 100% ของคำแนะนำ ผลของสมรรถภาพการผลิตไข่ ทั้งผลผลิตไข่ใน 3 ช่วงแรก ค่าเฉลี่ยตลอด 6 ช่วงน้ำหนักไข่ และปริมาณอาหารที่ใช้ต่อการผลิตไข่ 1 โหล ก็ยังคงให้ผลเป็นที่น่าสนใจเช่นกัน รวมทั้ง ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหลต่ำที่สุดด้วย.

2. เมื่อลดระดับของกรดอะมิโนจากคำแนะนำของ Scott *et al.* (1982) ลงเหลือ 75% ของคำแนะนำ ทำให้สมรรถภาพการผลิตไข่ลดลง ($P < 0.05$) เฉพาะ 3 ช่วงหลังและค่าเฉลี่ย ตลอดการ ทดลอง 6 ช่วงเท่านั้น สำหรับผลผลิตไข่ใน 3 ช่วงแรก น้ำหนักไข่และปริมาณอาหารที่ใช้ต่อการผลิตไข่ 1 โหล ยังคงให้ผลดีเทียบเท่ากับเมื่อให้อาหารที่ระดับของกรดอะมิโน 100% ของคำแนะนำของ Scott *et al.* (1982) และต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล ถูกกว่าที่ระดับ 100% อีกด้วย.

เอกสารอ้างอิง

- เกษตรสุวรรณ, สุวรรณ, วิสุทธิธรรมณ์, กระจำจ, ศิริพาณิชย์, บุญธง, วาชนพทยาภรณ์, ปะระทิป, สุจิต, ววรรณคา, และ ฮิสโรโยคม, สุภาพร. (2526). การเลี้ยงไก่. โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ. 412 น.
- คันโย, อุทัย, สุขมณี, เนรมิต, และ นาคะสิงห์, ชินะห์ศิริ. (2533). ค่าพีสำหรับสุกรและสัตว์ปีกเวอร์ชัน 2.0 ภาษาไทย, น. 309-314. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 28, 29-31 มกราคม 2533, กรุงเทพฯ.
- Adkins, J.S., Miller, E.C., Bird, H.R., Elvehjem, C.A. and Sunde, M.L. (1958). An estimate of threonine requirement of the laying hen. *Poultry Sci.* 37:1362-1367.
- Adkins, J.S., Harper, A.E. and Sunde, M.L. (1961). The L-Arginine requirement of the laying pullet. *Poultry Sci.* 41:657-663.
- Bray, D.J. (1968). Studies with corn-soya laying diets. 8. Requirements for limiting amino acid-the basal diet and the requirements for isoleucine, lysine and tryptophan. *Poultry sci.* 47:674-684.
- Calderon, V.M. and Jensen, L.S. (1990). The requirement for sulfur amino acid by laying hens as influenced by the protein concentration. *Poultry Sci.* 69:934-944.
- Coinago, G.L. and Jensen, L.S. (1991). Limiting amino acids in low protein corn-soy diet for laying hens. *Poultry Sci.* 70 (suppl.1): 28.(Abstr.)
- Gous, R.M. and Kleyn, F.J. (1989). Response of laying hens to energy and amino acids, pp. 14-211. In : Recent Development in Poultry Nutrition. Cole, D.J.A. and Haresign, W. (eds.) Anchor Press Ltd. Great Britain.
- Harms, R.H. and Damron, B.L. (1969). Protein and sulfur amino acid requirement of the laying hen as influenced by dietary formulation. *Poultry Sci.* 48:144-149.
- Hurwitz, S. and Bornstein, S. (1973). The protein and amino acid requirements of laying hens : Suggested models for calculation. cited by P.J. Slagter and P.W. Waldroup. Calculation and evaluation of energy: amino acid ratios for the egg-production type hen. *Poultry sci.* 63:1810-1822.
- Jensen L.S., Chang, C.H. and Falen, L. (1974). Response to lysine supplementation by laying hens fed practical diets. *Poultry Sci.* 53:1387-1391.
- March, B.E. and Biely, J. (1972). The effects of protein level and amino acid balance in wheat-based laying rations. *Poultry Sci.* 51:547-557.
- McDonald, M.W. and Morris, T.R. (1985). Quantitative review of optimum amino acid intakes for young laying pullets. *Brit. Poultry Sci.* 26:253-264.
- Morris, T.R. and Blackburn, H.A. (1982). The shape of response curve relating protein intake to egg output for flocks of laying hens. *Brit. Poultry Sci.* 23:405-424.
- National Research Council. (1984). Nutrient Requirements of Poultry 8th ed. Nat. Acad. Press, Washington, D.C. 71 p.
- Omar, S., Day, E.J. Li, S. and Jackson, M.E. (1989). Lysine and Methionine+cystine in laying hens diets. *Poultry Sci.* 68 (suppl. 1): 195 (Abstr.)

- Pesti G.M. (1990). Response surface approach to studying the protein and energy requirement of laying hens. *Poultry Sci.* 70:103-114.
- Peterson, C.F., Sauter, E.A. and Lampman, C.E. (1966). The effect of protein levels of starter mash upon chick growth, maturity and subsequent egg production factor. *Poultry Sci.* 45:1115. (Abstr.)
- Reid, B.L. and Weber, C.W. (1973). Dietary protein and sulfur amino acid levels for laying hens during heat stress. *Poultry sci.* 52:1335-1343.
- Schutte, J.B., Weerden, E.J.V. and Bertram, H.L. (1983). Sulphur amino acid requirement of laying hens and the effects of excess dietary methionine on laying performance. *Brit. Poultry Sci.* 24:319-326.
- Scott, M.L., Nesheim, M.C. and Young, R.J. (1982). *Nutrition of the Chicken*. W.F. Humphrey Press Inc., New York. 561 p.
- Slagter, P.J. and Waldroup, P.W. (1984). Calculation and evaluation of energy/amino acid ratios for the egg-production type hen. *Poultry Sci.* 63:1810-1822.
- Thayer, R.H., Hubbell, G.E., Kasbohm, J.A., Morrison, R.D. and Nelson, E.C. (1974). Daily protein intake requirement of laying hens. *Poultry sci.* 53:354-364.
- Victor, M.C. and Jensen, L.S. (1990). The requirement for sulfur amino acid by laying hens as influenced by protein concentration. *Poultry Sci.* 69: 934-944.
- Wiseman, J. (1987). *Feeding of Nonruminant Livestock*. Robert Hartnoll (1985) Ltd., England. 214 p.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสารเกษตร เป็นวารสารราย 4 เดือน ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการเกษตร และชีววิทยา ทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

1. เรื่องที่รับตีพิมพ์

1.1 ผลงานวิจัย

1.2 บทความปริทัศน์

2. การเตรียมต้นฉบับ

2.1 ต้นฉบับ : ควรส่งต้นฉบับที่เตรียมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ในแผ่นบันทึกข้อมูล บรรทัดหนึ่งกำหนดให้มี 65 ตัวอักษร และหน้าละ 32 บรรทัด โดยพิมพ์วันบรรทัดห่างและพิมพ์หน้าเดียว พร้อมกับพิมพ์ลงบนกระดาษ A4 อย่างละ 1 ชุด

2.2 บทคัดย่อภาษาไทย และภาษาอังกฤษ

2.3 คำย่อ (Key word) ของชื่อเรื่อง ทั้งที่เป็นภาษาไทย และภาษาอังกฤษ

2.4 ตาราง : เสนอเป็นภาษาอังกฤษสั้น พิมพ์แยกไว้ต่างหากจากเนื้อเรื่อง แต่ระบุให้เห็นตำแหน่งที่ควรปรากฏในเนื้อเรื่องอย่างชัดเจน

2.5 ภาพประกอบ : เสนอเป็นภาษาอังกฤษทั้งในภาพและคำอธิบายภาพ ระบุให้เห็นตำแหน่งที่ควรปรากฏในเนื้อเรื่องอย่างชัดเจน ภาพถ่าย (ขาวดำ) มีขนาด 9.00 x 13.5 ซม. ภาพเขียนใช้หมึกสีน้ำเงินบนกระดาษอาร์ตหนา หรือกระดาษเขียนแบบ ส่วนกราฟให้ส่งข้อมูลดิบแนบมาด้วย

2.6 เอกสารอ้างอิง : นำด้วยเอกสารภาษาไทยตามด้วยเอกสารภาษาอังกฤษ

2.6.1 ในเนื้อเรื่อง : การอ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องในระบบนามสกุล และปี (พ.ศ.) เช่น สิทธิพรชัย (2526) รายงานว่า หรือ ... (สิทธิพรชัย, 2526) ในกรณีที่ภาษาอังกฤษก็เช่นเดียวกัน ใช้นามสกุลและปี (ค.ศ.) เช่น Jones and Smith (1980) ในกรณีที่ผู้แต่งสามคนขึ้นไปให้ใช้และคณะ หรือ *et al.* ต่อท้ายผู้แต่งคนแรก แต่ในบัญชีเอกสารอ้างอิงใส่ชื่อหมดทุกคน

2.6.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายเรื่อง : ให้เรียงอักษรตามชื่อสกุลของผู้แต่งคนแรก ไม่ต้องใส่เลขที่

1) สำหรับวารสารควรเรียงลำดับดังนี้ :-

ผู้แต่ง (ชื่อสกุล, ชื่อต้น) ปี (พ.ศ. แต่ถ้าเป็นภาษาอังกฤษใช้ ค.ศ.)

ชื่อเรื่อง (ตามที่ปรากฏในวารสาร) ชื่อวารสาร (ย่อถ้ามี) ปีที่ : หน้า

ตัวอย่าง : เสงสวัสดิ์, วิเชียร. (2524). การบริหารศัตรูพืชกับระบบการปลูกพืชหลายชนิด. ว. วิทย์. กษ. 14(4) : 193-196.

2) สำหรับตำราควรเรียงลำดับดังนี้ :-

ชื่อผู้แต่ง (ชื่อสกุล, ชื่อต้น) ปี (พ.ศ. หรือ ค.ศ. สำหรับวารสารภาษาอังกฤษ) ชื่อหนังสือ สำนักพิมพ์ เมืองที่พิมพ์.

ตัวอย่าง : แคมเพชร, เถลิงพล. (2527). หลักการเขียนรายงานการวิจัยและวิทยานิพนธ์ทางวิทยาศาสตร์. ท่าแพการพิมพ์, เชียงใหม่.

3. การเสนอเรื่อง

เรื่องลงพิมพ์ได้ตลอดเวลา ถึง

บรรณาธิการ วารสารเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เชียงใหม่ 50200



JOURNAL OF AGRICULTURE

VOLUME 9 NO. 1

JANUARY-APRIL 1993

- THE POTENTIAL OF CHEMISORBED PHOSPHATES AND THEIR CAPABILITIES FOR SUPPLYING PHOSPHATES TO PLANTS 1
Suphot Totrakool, Nawarat Thepsuwan and Kanokpan Pansombat
- SORPTION AND DESORPTION OF BORON IN SOILS AS INFLUENCE BY PHOSPHATE, SOIL ACIDITY, MOISTURE, AND TEMPERATURE 11
Suphot Totrakool and Kanokpan Pansombat
- THE STUDIES ON LITCHI SINENSIS SONN IMPROVEMENT THROUGH INDUCED MUTATION. I. THE RESPONSE OF SEEDS VARIETY HONG HUAY TO GAMMA RAYS. 18
Adisorn Krasaechai and Tavatchai Radanachales
- THE STUDIES ON EUPHORIA LONGANA (LOUR.) STEUD. IMPROVEMENT THROUGH INDUCED MUTATION II. THE DEVELOPMENT OF THE PLANTS GENERATED FROM THE GAMMA RAYS IRRADIATED SEEDS. 24
Adisorn Krasaechai and Tavatchai Radanachales
- EFFECT OF PLANTING DATES OF BLACKBEAN (VIGNA UNGUICULATA L.) ON GROWTH AND YIELD AS RELAY CROPS IN CORN UNDER RAINFED UPLAND AREA 36
Annop Kanachareonpong
- NHAM PRODUCT DEVELOPMENT USING MIXED BACTERIAL STARTER CULTURES 51
1. SUITABLE SOURCE OF CARBOHYDRATE FOR NHAM PRODUCTION
Pairote Wriyacharee, Lakkana Rujanakraikarn and Ampin Kuntiya
- NHAM PRODUCT DEVELOPMENT USING MIXED BACTERIAL STARTER CULTURES 61
2. EFFECT OF COOKED RICE AND STICKY RICE ON LACTIC ACID PRODUCTION
Pairote Wriyacharee, Lakkana Rujanakraikarn and Panjit Kunchavaree
- PRODUCTION PERFORMANCE OF LAYERS FED LEAST-COST RATIONS WITH VARYING AMINO ACID CONTENT 75
Wandee Jearcharearn and Prateap Rachapaetayakom