



วารสารเกษตร

ปีที่ 9 เล่มที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2536

อายุการเก็บรักษาของดอกเบญจมาศและคาร์เนชั่น 196

ศนัย บุญเกียรติ และ ทองใหม่ แพทย์ไชโย

การศึกษาการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวโพดในการทำคุกกี้ 204

พวงทอง ใจสันติ

การใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการสกัดน้ำมันเป็นอาหารสัตว์ปีก 213

2. ไก่เนื้อ

สุชน ตั้งทวีพัฒน์, บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ จิตรา กลิ่นหอม

จุลศาสตร์ของเชื้อไวรัสและ แลคติกแอซิดแบคทีเรีย
สำหรับการใช้ในการผลิตแทนนม 230

ไพโรจน์ วิริยจารี, ลักขณา รุจนไกรภานต์, วิวรรณ วรรณจรรย์มา และ
สุธยา บุญถนอม

การใช้ปุ๋ยมูลไก่ปรับปรุงดินกรดสำหรับปลูกมะละกอ 248

สุรศักดิ์ เสรีพงศ์

จุลศาสตร์ของเชื้อไวรัสในแตงกวาดิบแบบคั้เรีย
สำหรับการใช้ในการผลิตแทนนม 254

ไพโรจน์ วิริยจารี, ลักขณา รุจนไกรภานต์
วิวรรณ วรรณจรรย์มา และ สุธยา บุญถนอม

การศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์หน่อไม้ฝรั่ง 5 พันธุ์ 269

โชคชัย ไชยมงคล

ธาตุอาหารพืชกับคุณภาพของผลผลิตกาแฟอาราบิก้า 274

1. ปัญหาในแปลงปลูกและแนวทางในการแก้ไข

พิทยา สรรวมศิริ

ธาตุอาหารพืชกับคุณภาพผลผลิตกาแฟอาราบิก้า 281

2. ผลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุ

ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกาแฟในสภาพไม่มีร่มเงา

กชกร บ่อมน้อย มานัส แสนมณีชัย และ พิทยา สรรวมศิริ

วารสารเกษตร
Journal of Agriculture
ISSN : 0857 - 0841

เจ้าของ

คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50200
โทร. (053) 221699 ต่อ 4013
โทรสาร. (053) 225221

Publisher

Faculty of Agriculture
Chiang Mai University
Chiang Mai 50200, THAILAND
Tel. (053) 221699 ext. 4013
Fax (053) 225221

วัตถุประสงค์

1. เผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความทางวิชาการสาขาเกษตรศาสตร์ และชีววิทยา
2. เผยแพร่เกียรติคุณของนักวิจัย
3. สร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างนักวิจัย

บรรณาธิการ

เพทาย พงษ์เพียรจันทร์

รองบรรณาธิการ

เทอดชัย เวียรศิลป์

กองบรรณาธิการ

เฉลิมพล แซมเพชร, นิรันดร์ โพธิกานนท์, ประสาทพร สมิตะมาน, ดุษฎี ณ ลำปาง,
ปรีชาล สุกมลนันท์, สุพจน์ โตตระกูล, ธนัท ธัญญาภา, พิชิต ธานี, บุญเสริม ชิวอัสระกุล,
เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม, ปัจฉิกา สมิตะมาน, พันทิพา พงษ์เพียรจันทร์, อรุณี อภิสาดิสงวร,
อารี วิบูลย์พงศ์, นิธิยา รัตนพานนท์, ศุภศักดิ์ ลิ้มปิติ, ภมรทิพย์ อักษรทอง, ชุมพร กิระศิลา,
จิตติ ปิ่นทอง, นันทิยา วรธนะภูติ, วิชิตี พัฒโร, นิตยา สุวรรณรัตน์, สุวัฒน์ รัตนธนาชัย,
ฉันทนา สุวรรณชาติ

ที่ปรึกษา

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

กำหนดเผยแพร่

เดือนมกราคม พฤษภาคม และกันยายน ปีละ 3 เล่ม

แจ้งรับวารสาร

ถึงบรรณาธิการวารสารเกษตร หรือ
คุณวิไลพร ขรรพตา
งานบริการงานวิจัยและพัฒนา
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

ใบสมัครเป็นสมาชิกวารสารเกษตร

ข้าพเจ้า _____
บ้านเลขที่ _____ หมู่ _____ ถนน _____ ตรอก/ซอย _____
ตำบล _____ อำเภอ _____ จังหวัด _____
รหัสไปรษณีย์ _____ โทรศัพท์ _____
สถานที่ทำงาน _____
ที่อยู่ _____ ตำบล _____ อำเภอ _____ จังหวัด _____
รหัสไปรษณีย์ _____ โทรศัพท์ _____
มีความต้องการสมัครเป็นสมาชิก "วารสารเกษตร" ตั้งแต่ ฉบับที่ _____ ปีที่ _____ พ.ศ. _____
เป็นต้นไป
เป็นจำนวน _____ ฉบับ หรือ _____ ปี
พร้อมนี้ได้ส่งเงินค่าสมาชิก จำนวน _____ บาท (_____) มาโดยทาง

☐

ธนาคาร

☐

เช็คไปรษณีย์

ส่งจ่าย ณ ที่ทำการไปรษณีย์โทรเลข มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
กรุณาส่งวารสารเกษตรให้กับข้าพเจ้า

☐

ที่บ้าน

☐

ที่ทำงาน

ลงชื่อ _____ ผู้สมัคร
(_____)

กรุณา ส่งใบสมัครไปที่

บรรณาธิการวารสารเกษตร หรือ

คุณวิไลพร ธรรมตา

งานบริการการงานวิจัยและพัฒนา

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์ (053)221699 ต่อ 4013 โทรสาร. 225221

อัตราค่าสมัครใช้บริการวารสารเกษตร ราคา 4 เดือน

1 ปี 135.- บาท

2 ปี 240.- บาท

3 ปี 315.- บาท

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสาร เป็นวารสารราย 4 เดือน ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งพิมพ์เผยแพร่ผลงานทาง
อุตสาหกรรมเกษตร และชีววิทยา ทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

เรื่องที่รับพิมพ์

1.1 ผลงานวิจัย

1.2 บทความวิวาทศิลป์

การเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับ : ควรส่งต้นฉบับที่เตรียมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ในแผ่นบันทึกข้อมูล บรรทัดหนึ่งกำหนดให้มี
65 ตัวอักษร และหน้าละ 32 บรรทัด โดยพิมพ์เว้นบรรทัดห่าง และพิมพ์หน้าเดียว พร้อม
กับพิมพ์ลงบนกระดาษ A4 อย่างละ 1 ชุด

บทคัดย่อภาษาไทย และภาษาอังกฤษ

คำย่อ (Key word) ของชื่อเรื่อง ทั้งที่เป็นภาษาไทย และภาษาอังกฤษ

ตาราง : เสนอเป็นภาษาอังกฤษล้วน พิมพ์แยกไว้ต่างหากจากเนื้อเรื่อง แต่ระบุให้เห็นตำแหน่งที่ควร
ปรากฏในเนื้อเรื่องอย่างชัดเจน

ภาพประกอบ : เสนอเป็นภาษาอังกฤษทั้งในภาพและคำอธิบายภาพ ระบุให้เห็นตำแหน่งที่ควรปรากฏในเรื่อง
อย่างชัดเจน ภาพถ่าย (ขาวดำ) มีขนาด 9.00 x 13.50 ซม. ภาพเขียนใช้หมึกสีดำเขียน
บนกระดาษอาร์ตหนา หรือกระดาษเขียนแบบ ส่วนกราฟให้ส่งข้อมูลติดแนบไปด้วย

เอกสารอ้างอิง : นำด้วยเอกสารภาษาไทยตามด้วยเอกสารภาษาอังกฤษ

2.6.1 ในเนื้อเรื่อง : อ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องในระบบนามสกุล และปี (พ.ศ.) เช่น สิทธิพรชัย (2526)
รายงานว่า ...หรือ... (สิทธิพรชัย, 2526) ในกรณีที่เป็นภาษาอังกฤษ ก็เช่นเดียวกันใช้
นามสกุลและปี (ค.ศ.) เช่น Jones and Smith (1980) ในกรณีที่มี ผู้แต่งสามคนขึ้นไป
ให้ใช้ "และคณะหรือ et al" ต่อท้ายผู้แต่งคนแรก แต่ในบัญชีเอกสารอ้างอิงใส่ชื่อหมด
ทุกคน

2.6.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายเรื่อง : ให้เรียงอักษรตามชื่อสกุลของผู้แต่งคนแรกไม่ต้องใส่เลขที่

1) สำหรับวารสารควรเรียงลำดับดังนี้-

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

ชื่อเรื่อง (ตามที่ปรากฏในวารสาร) ชื่อวารสาร (ย่อถ้ามี) ปีที่ : หน้า

ตัวอย่าง : เสงส์สวัสดิ์ วิเชียร. (2524). การบริหารจัดการพืชกับระบบการปลูกพืชหลายชนิด. ว. วิทย. กษ.
14(4) : 193-196

2) สำหรับตำราควรเรียงลำดับดังนี้ ;

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

ตัวอย่าง : ชามเพชร, เฉลิมพล. (2527). หลักการเขียนรายงานการวิจัยและวิทยานิพนธ์ทางวิทยาศาสตร์.
ท่านแพการพิมพ์, เชียงใหม่

การเสนอเรื่องลงตีพิมพ์

ส่งต้นฉบับได้ตลอดเวลา ถึง

บรรณาธิการ วารสารเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

อายุการเก็บรักษาของดอกเบญจมาศและคาร์เนชั่น

คณัย บุญเกียรติ¹ และ ทองใหม่ แพทย์ไชโย²

STORAGE LIFE OF CUT CHRYSANTHEMUM AND CARNATION

Danai Boonyakiat¹ and Tongmai Patchaiyo²

ABSTRACT : Tiger, Pink Westland and Horlekijn chrysanthemum and Red Corso carnation were stored at 4 ± 1 c. Chrysanthemum were then pulsed in the solution of 75 mg/l citric acid, 25 mg/l of AgNO_3 and 3.5 percent of sucrose for 24 hours. For carnation after storage flower were pulsed in the solution of silverthiosulfate (STS) for 24 hours. The results showed that vase life of both chrysanthemum and carnation varied inversely with storage time. Chemical solutions slightly prolonged vase life of chrysanthemum and carnation.

บทคัดย่อ : ดอกเบญจมาศ พันธุ์ Tiger, Pink Westland และ Horlekijn และดอกคาร์เนชั่น พันธุ์ Red Corso เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 เซลเซียส หลังจากนั้นจึงนำดอกเบญจมาศไปแช่ในสารละลายที่ประกอบด้วย citric acid 75 มก./ลิตร AgNO_3 25 มก./ลิตร และน้ำตาลทราย 3.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 24 ชั่วโมง แล้วจึงปักแจกันในน้ำประปา ส่วนดอกคาร์เนชั่นนั้น หลังจากเก็บรักษาแล้วจึงนำไปแช่ในสารละลาย silverthiosulfate (STS) นำไปปักแจกันในน้ำประปา ปรากฏว่า อายุการปักแจกันของดอกเบญจมาศและคาร์เนชั่นแปรผกผันกับระยะเวลาที่เก็บรักษา สารเคมีทั้งสองชนิดสามารถยืดอายุการปักแจกันของดอกเบญจมาศและคาร์เนชั่นได้เล็กน้อย.

¹ ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200.

² มูลนิธิโครงการหลวง, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200.

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200.

² Royal Project Foundation, in Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200.

คำนำ

การเก็บรักษาคอกไม้มีความสำคัญต่อธุรกิจไม้คัตคอกในปัจจุบันมาก เพราะนอกจากทำให้สามารถควบคุมจำนวนผลผลิตให้มีตามความต้องการของตลาดแล้ว ยังสามารถเก็บรักษาคอกไม้เพื่อสนองความต้องการของตลาดในช่วงเทศกาลต่าง ๆ เช่น ปีใหม่ คริสต์มาส และวันวาเลนไทน์รวมทั้งวันสำคัญต่าง ๆ ทางศาสนา เป็นต้น การเก็บรักษายังช่วยลดความเสียหายของคอกไม้และรักษาระดับราคา เมื่อความต้องการของผู้บริโภคลดลง ในเขตอบอุ่นการเก็บรักษาคอกไม้จะช่วยลดการใช้พลังงานในฤดูหนาว ที่จะใช้ในการผลิตคอกไม้ในเรือนกระจกในช่วงหนาวจัดได้ (Coszezynska and Rudnicki, 1988) นอกจากนั้นการส่งคอกไม้ไปยังต่างประเทศนั้นจะต้องรวบรวมคอกไม้ให้มีปริมาณมากพอเพียงกับความต้องการของตลาด ดังนั้นการเก็บรักษาจะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดี โดยหลักการแล้ววิธีการเก็บรักษาที่ดีจะช่วยทำให้คุณภาพของคอกไม้หลังการเก็บรักษาคือเกือบเท่ากับของสด ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมหลังเก็บเกี่ยวที่สำคัญที่สุดคือ อุณหภูมิ (Lutz and Hardenburg, 1968) ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคอกไม้โดยตรงคือ ลักษณะทางพันธุกรรมของคอกไม้ ดังนั้นการศึกษาอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมของคอกไม้จึงมีประโยชน์ต่อธุรกิจไม้คัตคอกมาก เนื่องจากจะเป็นข้อมูลให้กับผู้ประกอบการธุรกิจว่าควรจะเก็บรักษาคอกไม้ไว้ในสภาพใดและนานเท่าใดและที่ทำให้คอกไม้ยังคงมีคุณภาพดี แม้ว่าในต่างประเทศข้อมูลเกี่ยวกับอายุการเก็บรักษามีอยู่มาก แต่ในประเทศไทยข้อมูลดังกล่าวโดยเฉพาะของคอกไม้ในเขตอบอุ่น ซึ่งเพิ่งนำเข้ามาปลูกในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปจากเดิมยังมีน้อยมาก การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษาอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมของคอกเบญจมาศและคาร์เนชั่นบางพันธุ์ซึ่งปลูกอยู่ในเขตร้อนชื้นของ มูลนิธิโครงการหลวง.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เบญจมาศ

คอกเบญจมาศชนิดคอกข้อ พันธุ์ Tiger, Pink Westland และ Horlekijn สาทรฐานชั้น A คัดจากศูนย์พัฒนาเกษตรที่สูงอินทนนท์ในดอนเย็น แล้วขนส่งโดยรถห้องเย็นมาถึงงานหลังเก็บเกี่ยว โครงการหลวง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เวลาประมาณ 14.00 น. หลังจากบรรจุคอกไม้ลงในกล่องกระดาษขนาด 51 x 98 x 26 ซม. แล้วนำไปเก็บรักษาในห้องเย็นของมูลนิธิโครงการหลวง ซึ่งมีอุณหภูมิ $4\pm 1^{\circ}$ เซลเซียส เป็นเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 วัน แล้วนำคอกไม้ออกจากห้องเย็นมาคัดก้านให้ยาว 65 ซม. นำมาแช่ในน้ำประปา

หรือแอสไธราเคมี ซึ่งประกอบด้วย Citric acid 75 มก./ลิตร AgNO_3 25 มก./ลิตร และน้ำตาลทราย 3.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 24 ชั่วโมง แล้วจึงย้ายไปปักแจกันในน้ำประปาในขวด ขนาด 1 ลิตร แล้วนำไปเก็บในห้องซึ่งมีแสงธรรมชาติ อุณหภูมิเฉลี่ย 12° เซลเซียส ตรวจสอบโดยสังเกตคุณภาพของดอก ซึ่งใช้เกณฑ์การตัดสินลักษณะของดอกที่หมดอายุการปักแจกันเป็นดังนี้ คือ ช่อดอกซึ่งมีใบเหลืองมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และสีดอกซีด แต่ในกรณีพันธุ์ Pink Westland หากกลีบดอกม่วงจะถือว่าหมดอายุการปักแจกัน.

การทดลองครั้งนี้ได้วางแผนการทดลองแบบ Split plot โดยให้เวลาในการเก็บรักษาเป็น Main plot ส่วนการใช้สารเคมีเป็น Sub plot โดยแต่ละวิธีการประกอบด้วย 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ช่อดอก.

คาร์เนชั่น

คัดเลือกคอกคาร์เนชั่น พันธุ์ Red Corso ที่ปลูกในศูนย์พัฒนาเกษตรที่สูงอินทนนท์ เฉพาะคอกที่ได้มาตรฐานชั้น 1 แล้วตัดในช่วงเย็น จากนั้นขนส่งมายังงานหลังเก็บเกี่ยว มุขนิธิโครงการหลวง โดยรถห้องเย็นเวลาประมาณ 15.00 น. เมื่อมาถึงนำคอกคาร์เนชั่นบรรจุลงในกล่องกระดาษขนาด 51 x 98 x 26 ซม. แล้วนำไปเก็บรักษาในห้องเย็นของมุขนิธิโครงการหลวง ซึ่งมีอุณหภูมิ $4\pm 1^\circ$ เซลเซียส เป็นระยะเวลา 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 และ 22 วัน หลังจากเก็บรักษาตามกำหนดเวลาแล้ว นำคอกคาร์เนชั่นมาปักแจกันในน้ำประปาหรือแอสไธราละลาย Silverthiosulfate (STS) ซึ่งเตรียมจาก $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 175 มก./ลิตร ผสมกับ AgNO_3 17.5 มก./ลิตร นาน 24 ชั่วโมง แล้วจึงย้ายมาปักแจกันในน้ำประปา เก็บในห้องทดลองที่มีแสงธรรมชาติ และอุณหภูมิเฉลี่ย 24° เซลเซียส บันทึกผลการทดลองโดยสังเกตคุณภาพดอกและอายุการปักแจกัน ซึ่งลักษณะของดอกที่หมดอายุการปักแจกัน จะมีกลีบดอกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากกว่าครึ่งดอกหรือก้านดอกหัก.

โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot โดยให้เวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาเป็น Main plot ส่วนการใช้สารเคมีเป็น Sub plot แต่ละวิธีการประกอบด้วย 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ดอก.

ผลการทดลอง

เบญจมาศ

พันธุ์ Tiger เมื่อเก็บรักษา 0 วัน ดอกเบญจมาศมีอายุการปักแจกันนานที่สุด คือ 7.8 วัน ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับอายุการปักแจกันของดอกเบญจมาศ ซึ่งเก็บรักษานาน 3, 6, 9, 12, 15, 16, 18 และ 21 วัน อายุการปักแจกันของดอกเบญจมาศซึ่งเก็บรักษานาน 21 วัน จะลดลงเหลือเพียง 4.7 วันเท่านั้น (ตารางที่ 1) ลักษณะดอกหลังจากเก็บรักษานานตั้งแต่ 12 วันขึ้นไป จะมีสีดอกซีดลงจากดอกปกติ ดอกเหี่ยว แต่ยังคงดูดี ทำให้ดอกสดได้อีก แต่เมื่อเก็บรักษานาน 18 วัน ดอกมีสีซีดมากและเหี่ยว เมื่อนำมาแช่ในน้ำประปาหรือสารเคมีดอกสามารถดูดีได้เล็กน้อยเมื่อสัมผัสดอกรู้สึกว่ารากไม่สด.

การใช้สารเคมี Pulse ดอก นาน 24 ชั่วโมง สามารถยืดอายุการปักแจกันของดอกเบญจมาศ จาก 4.9 วัน เป็น 6.3 วันได้ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2).

Table 1. Vase life of chrysanthemum after stored at $4\pm 1^{\circ}$ celcius at various times.

Storage time (days)	Vase life (days)		
	Tiger	Pink Westland	Horlekijn
0	7.8 a [*]	8.2 a	5.0 a
3	6.0 bc	6.2 c	4.5 b
6	4.3 e	5.0 d	3.0 c
9	5.0 d	5.0 d	2.0 e
12	5.7 c	8.8 a	2.3 d
15	6.2 b	6.3 c	3.0 c
18	5.0 d	7.2 b	1.2 f
21	4.7 de	3.9 e	1.0 f

* Column means with different lettering are significantly different.

พันธุ์ Pink Westland อายุการปักแจกันของดอกเบญจมาศลดลงจาก 8.2 วัน เมื่อเก็บรักษานาน 0 วัน เป็น 3.9 วัน เมื่อเก็บรักษา 21 วัน อายุการปักแจกันของดอกเบญจมาศที่เก็บรักษานาน 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 วัน เป็น 6.2, 5.5, 8.8, 6.3 และ 7.2 วัน ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 9 วันสีของดอกเริ่มซีดลง กีบดอกและใบไม่สด หลังจากเก็บรักษานาน 15 วัน เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน ดอกจะมีลักษณะค่อนข้างเหี่ยว แต่ใบยังไม่เหลือง (ตารางที่ 1).

สารเคมีซึ่งประกอบด้วยกรด Citric acid, AgNO_3 และน้ำตาลทราย สามารถยืดอายุการปักแจกันจาก 5.5 วัน เป็น 7.10 วัน.

พันธุ์ Horlekijn อายุการเก็บรักษาของดอกเบญจมาศ พันธุ์ Horlekijn ลดลงจาก 5 วัน เมื่อเก็บรักษานาน 0 วัน เหลือเพียง 1 วัน เมื่อเก็บรักษานาน 18 และ 21 วัน หลังจากเก็บรักษานาน 9 วัน สีดอกเริ่มซีดลง.

สารเคมีมีผลต่อการยืดอายุการปักแจกันเล็กน้อยคือ จาก 2.5 วัน เมื่อปักแจกันในน้ำประปาเป็น 3 วัน เมื่อปักแจกันโดยแช่ในสารเคมีก่อน.

ดอกเบญจมาศ พันธุ์ Pink Westland ตอบสนองต่อสารเคมีที่ใช้แช่ได้ดีกว่าดอกเบญจมาศ พันธุ์ Tiger และ Horlekijn เพราะสารเคมีสามารถยืดอายุการปักแจกันดอกเบญจมาศ พันธุ์ Pink Westland ได้นานประมาณ 1.7 วัน ในขณะที่พันธุ์ Tiger และ Horlekijn มีอายุปักแจกันเพิ่มขึ้นเพียง 1.4 และ 0.5 วัน ตามลำดับ.

Table 2. Effect of chemicals on vase life of chrysanthemum and carnation.

Treatment	Vase life (day)			
	Chrysanthemum			Carnation
	Tiger	Pink Westland	Horlekijn	Red Corso
Tap water	4.9 a [*]	5.5 a	2.5 a	4.2 a
AgNO_3 + Citric acid + น้ำตาล	6.3 b	7.1 b	3.0 b	-
STS	-	-	-	5.7 b

^{*} Column means with different lettering are significantly different.

คาร์เนชั่น

อายุการปักแจกันของดอกคาร์เนชั่น แปรผกผันกับระยะเวลาการเก็บรักษาในห้องเย็น โดยพบว่าดอกคาร์เนชั่นที่ไม่ผ่านการเก็บรักษาในห้องเย็นมีอายุการปักแจกันนานที่สุด คือ 7.8 วัน และดอกคาร์เนชั่นที่มีอายุการปักแจกันสั้นที่สุด (2.7 วัน) คือ ดอกที่เก็บรักษาในห้องเย็นนานที่สุด (22 วัน) (ตารางที่ 3) สภาพของดอกคาร์เนชั่นจะเริ่มมีสีคล้ำลงหลังจากเก็บรักษาในห้องเย็นนาน 14 วัน โดยจะมีสีคล้ำลงและเมื่อเก็บรักษานาน 18 วัน สีดอกจะซีดมากและรูปร่างของดอกจะเสียไป มีลักษณะเหี่ยวเมื่อนำไปแช่ในน้ำประปาจะดูดน้ำได้น้อยมากและยังแสดงอาการเหี่ยวอยู่.

การใช้สารเคมี STS พบว่า สามารถช่วยยืดอายุการปักแจกันจาก 4.2 วัน เป็น 5.7 วันได้ ซึ่งต่างกันอย่างน้อยสำคัญทางสถิติ.

Table 3. Vase life of carnation variety Red Corso after stored at $4\pm 1^{\circ}$ celcius at various times.

Storage time (days)	Vase life (days)
0	7.8 a *
2	6.8 a
4	6.3 bc
6	5.8 cd
8	5.2 de
10	4.7 ef
12	4.5 ef
14	4.7 ef
16	4.3 f
18	3.3 g
20	3.2 g
22	2.7 g

* Column means with different lettering are significantly different.

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

อายุการปักแจกันของคอกไม้จะลดลงไปเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาเวลานานขึ้น แม้ว่าจะเป็นในสภาพอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูงก็ตาม ทั้งนี้เพราะในระหว่างการเก็บรักษาคอกไม้ แม้ในสภาพอุณหภูมิต่ำ แต่กระบวนการเสื่อมสภาพ (Senescence) ของคอกไม้ยังคงเกิดขึ้นได้อย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้อายุการปักแจกันของคอกไม้ที่เก็บรักษาในห้องเย็นลดลง (Faragher *et al.*, 1986) ผลจากการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าคอกเบญจมาศพันธุ์ Tiger มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 9-12 วัน คอกเบญจมาศพันธุ์ Horlekijn มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 3-6 วัน และคอกคาร์เนชั่นพันธุ์ Red Corso มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 8-10 วัน ทั้งนี้โดยใช้คุณภาพของคอกหลังจากนำออกจากห้องเก็บรักษา ประกอบกับอายุการปักแจกันซึ่งควรนานประมาณ 4-5 วัน เป็นอย่างน้อย โดยทั่วไปอายุการเก็บรักษาของคอกไม้แต่ละชนิดหรือแต่ละพันธุ์จะแตกต่างกันออกไป ผลการทดลองครั้งนี้จะแตกต่างไปจากงานของ Lutz and Hardenburg (1986) ซึ่งรายงานว่ายอายุการปักแจกันของคอกเบญจมาศซึ่งไม่ระบุสายพันธุ์ยาวนานถึง 3-6 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 0-2° เซลเซียส ในขณะที่ Coszezynska and Rudnicki (1988) รายงานว่ายอายุการเก็บรักษาของคอกเบญจมาศพันธุ์ White Spider มีอายุเพียง 6 วัน ที่อุณหภูมิ 0-1 เซลเซียส และลดลงเหลือ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 9-10° เซลเซียส ซึ่งในการทดลองนี้พบว่าคอกเบญจมาศแต่ละสายพันธุ์มีอายุการเก็บรักษาต่างกันด้วย.

ในกรณีของคอกเบญจมาศ พบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นในบางช่วงกลับมีอายุการปักแจกันนานกว่าที่เก็บรักษาในระยะเวลาที่สั้นกว่า อาจเกิดจากการที่ใช้คอกไม้ทดลองจากเกษตรกรหลายรายรวมกัน ซึ่งอาจจะมีการดูแลคอกไม้ต่างกัน ทำให้คุณภาพของคอกในการเก็บรักษาต่างกันไป Halevy and Mayak (1979) รายงานว่า ปัจจัยขณะปลูกคอกไม้ เช่น สภาพภูมิอากาศ ฤดูกาล อุณหภูมิ แสง ชนิดของดิน และการเชตกรรม จะมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพและอายุการปักแจกันของคอกไม้ Staby *et al.* (1984) ศึกษาถึงการเก็บรักษาคอกกุหลาบ 16 สายพันธุ์ ซึ่งปลูกโดยเกษตรกร 14 ราย พบว่า มีความผันแปรมากในแง่คุณสมบัติในการเก็บรักษา และสรุปว่าสภาพการปลูกและการจัดการหลังเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของเกษตรกรแต่ละรายจะต่างกันไป ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความแตกต่างในคุณสมบัติในการเก็บรักษา.

การใช้สารเคมีเพื่อยืดอายุการปักแจกันหลังจากการเก็บรักษาคอกเบญจมาศ และคาร์เนชั่น ช่วยยืดอายุการปักแจกันไม่มากนัก คือ 1.3 1.6 0.5 และ 1.5 วัน สำหรับคอกเบญจมาศพันธุ์ Tiger, Pink Westland, Horlekijn และคอกคาร์เนชั่นพันธุ์ Red Corso ตามลำดับ ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นแล้วจะไม่คุ้มทุน Mor *et al.* (1989) ได้

รายงานว่า การใช้สารเคมี STS ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาคอกกุดหลายพันธุ์ Gabriella สามารถยืดอายุการปักแจกันได้ประมาณ 2.7 วันเท่านั้น ในการทดลองนี้ไม่ได้ใช้สารเคมีก่อนการเก็บรักษาจึงไม่สามารถให้ความเห็นว่าควรใช้สารเคมีก่อนหรือหลังการเก็บรักษา แต่การทดลองที่จะทำต่อไปในอนาคตน่าจะมีการทดลองใช้สารเคมียืดอายุการปักแจกันก่อนการเก็บรักษา เพราะอาจจะเพิ่มปริมาณอาหารหรือลดกิจกรรมของเอทิลีนลง ซึ่งอาจจะส่งผลให้ขบวนการเสื่อมสภาพของคอกไม้เกิดช้าลงได้.

เอกสารอ้างอิง

- Coszezyńska, D.M. and Rudnicki, R.M. (1988). Storage of cut flowers. Hort Rev. 10 : 35-62.
- Faragher, J.D., Mayak, S., Tirosh, T. (1986). Physiological response of cut rose flowers to cold storage. Physiol. Plant. 67 : 205-210.
- Helevy, A.H. and Mayak, S. (1979). Senescence of postharvest physiology of cut flowers, Part 1. Hort. Rev. 1 : 204-236.
- Lutz, J.M. and Hardenburg, R.E. (1977). The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, Florist and Nursery Stocks. USDA. Agri. Handbook 66. 94 pp.
- Mor, Y., Johnson, Y. and Faragher J.D. (1989). Preserving the quality of cold-stored rose flowers with ethylene antagonists. Hort Sci. 24(4) : 640-641.
- Staby, G.L., Cunningham, M.S., Holstead, C.L., Kelly, J.W. Konjoian, P.S., Eisenberg, B.A. and Dressler, B.S. (1984). Storage of rose and carnation flowers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 : 193-197.

การศึกษาการใช้ประโยชน์จากแป้งบัควีทในการทำคุกกี้

พวงทอง ใจสันติ¹

UTILIZATION OF BUCKWHEAT FLOUR FOR MAKING COOKIES

Phuangtong Jaisanti¹

ABSTRACT : Buckwheat grains were steamed for 5 minutes. The hulls were then removed by soybean grinder and sieved away. The buckwheat removed hulls were grinded by 0.2 mesh sieve size Hammer mill before packing in polyethylene bags.

Five different percentage of buckwheat flour for making cookies was 0, 20, 30, 40 and 50 percent respectively. Chemical and acceptability were determined and it was found that cookies comprised protein 7.06-7.75 fat 34.30-34.91 carbohydrate 52.22-54.25 and fiber 0.41-0.83.

In sensory evaluation, it was found that the buckwheat cookies were not different acceptability significantly in thickness, crispness, sweetness, odor and also overall acceptability. However the panelists preferred buckwheat cookies which were produced by use of 40 percentage of buckwheat flour.

บทคัดย่อ : การทำแป้งบัควีท นึ่งเมล็ดบัควีท 5 นาที แล้วแยกเปลือกออกด้วยเครื่องโม่หิน Soybean grinder ผักเป็ลือกออกด้วยกระตังนำไปบดเป็นแป้งด้วยเครื่องบดแบบ Hammer mill ได้ปริมาณแป้งบัควีทเป็นร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก บรรจุในถุง Polyethylene ปิดปากถุงสนิท เก็บไว้ในตู้เย็นธรรมดา เมื่อนำมาทดลองทำคุกกี้ จะผสมแป้งบัควีทในปริมาณร้อยละ 0, 20, 30, 40 และ 50 บรรจุลงในถุง Polyethylene ผักเก็บไว้ในตู้เย็นธรรมดา (30°ซ) นำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าคุกกี้มีปริมาณโปรตีนร้อยละ

¹ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200.

¹ Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200.

7.06-7.75 ปริมาณไขมันร้อยละ 34.30-34.91 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 52.22-54.25 และปริมาณเถ้าร้อยละ 0.41-0.93 และจากการศึกษาการยอมรับของผู้ชิมพบว่าทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านความหนา ความกรอบ ความหวาน กลิ่น และการยอมรับรวม แต่จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$) ในด้านสีและการกลืน เมื่อพิจารณาการยอมรับในทุก ๆ ลักษณะพบว่าทุกที่ที่ใช้แป้งบัควีทผสมร้อยละ 40 จะเป็นสูตรที่ดีที่สุด จะให้โปรตีน ไขมัน และกากสูง.

คำนำ

บัควีท (buckwheat) จัดเป็นพืชตระกูล Polygonaceae ชนิดหนึ่ง ซึ่งการใช้ประโยชน์จะใช้เหมือนกับธัญพืชต่าง ๆ เมล็ดแห้งแข็งเป็นรูปสามเหลี่ยม ภายในเมล็ดประกอบด้วย รำ แป้ง เอ็นโดสเปิร์ม และ Oily embryo เมล็ดบัควีทมีเปลือกสีดำหรือน้ำตาลเข้ม นิยมปลูกในแถบเอเชีย เช่น ประเทศจีน ญี่ปุ่น อินเดีย แล้วกระจายการปลูกอยู่ทั่วไปตามส่วนต่าง ๆ ของโลก เช่น ประเทศเยอรมัน สหรัฐอเมริกา คานาดา บราซิล และรัสเซีย พันธุ์ที่นิยมปลูกมี 3 สายพันธุ์ คือ Common buckwheat, Tatar buckwheat และ Notched หรือ Winged buckwheat ในประเทศสหรัฐอเมริกานิยมปลูกสายพันธุ์ Common buckwheat ซึ่งประกอบด้วยพันธุ์ Japanese, Silverhull และ Common gray สายพันธุ์ Tatar เมล็ดจะแข็งกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ จึงเป็นที่รู้จักกันว่าเป็น Duckwheat, Indianwheat หรือ Ryewheat (Douglas, 1982).

บัควีทเจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศเย็น สามารถปลูกได้แม้ในดินที่ไม่สมบูรณ์ ลำต้นจะสูงประมาณ 0.3-1.2 เมตร ใบเป็นรูปหัวใจ จะออกดอกหลังจากปลูกได้ 3-5 สัปดาห์ และจะเก็บเกี่ยวได้ภายใน 90 วัน เมื่อแก่เต็มที่ลำต้นที่เป็นสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีแดง และกลายเป็นสีน้ำตาลก่อนที่จะเก็บเกี่ยว.

การใช้ประโยชน์ บัควีทประกอบด้วยสารอาหารโปรตีน แร่ธาตุโปแตสเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินบีสูง จึงใช้ทำประโยชน์ได้หลายทาง เช่น ใช้บริโภค เลี้ยงสัตว์ เป็นพืชคลุมดิน และใช้ในทางแพทย์.

ในทางบริโภคจะใช้เมล็ดทำเป็นซูปคาซา (Kasha) หรือบดเมล็ดให้เป็นแป้งใช้ผสมกับแป้งสาลีทำเค้ก คุกกี้ แพนเค้ก ขนมปัง โซบะไหม เต็มโซบะ และอื่น ๆ เต็มโซบะจะเป็นที่นิยมบริโภคของคนญี่ปุ่น ลักษณะเหมือนเส้นบะหมี่ แต่เมื่อต้มสุกแล้ว เนื้อสัมผัสจะไม่เหนียว.

ในการแพทย์ใบและคอกของบักริธเป็นแหล่งของสารฟีนอล ซึ่งประกอบด้วย Flavonol glucoside ใช้รักษาคนไข้เส้นเลือดฝอยแตกรวมกับความดันโลหิตสูง ป้องกันเส้นเลือดหัวใจแข็ง (Arteriosclerosis) โรคเลือดไหลไม่หยุด (Hemorrhages) และโรคที่เกิดจากการอุดตันในช่องท้อง นอกจากนี้เมล็ดแป้งยังใช้เป็นสารหล่อลื่นและ Resolvent (Chopra *et al.*, 1956).

ประเทศไทยได้มีการทดลองปลูกบักริธในพื้นที่แก้งน้อย อำเภอเชียงดาว และพื้นที่ ชุนแปะ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พันธุ์ที่นำมาทดลองปลูกมี 6 พันธุ์ เป็นสายพันธุ์ Common buckwheat 5 พันธุ์ และสายพันธุ์ Tatar 1 พันธุ์ เรียกชื่อ Iwate A, B, C, Chinano, Tingchao และ Kud chao ตามลำดับ ฉะนั้น บักริธจึงยังไม่เป็นที่รู้จักของคนไทย และไม่ทราบถึงการใช้ประโยชน์ ทั้ง ๆ ที่ต่างประเทศ ใช้ทำประโยชน์ได้ทั้งการบริโภคและเลี้ยงสัตว์ ด้วยประโยชน์เหล่านี้บักริธจึงเป็นที่สนใจที่จะนำมาทำอาหารให้สอดคล้องกับการบริโภคของคนไทย บักริธมีลักษณะคือ มีกลิ่นที่ยอมรับ ดังนั้น จึงได้นำมาทดลองทำแป้งบักริธแล้วนำมาทำคุกกี้ ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมนำเอาพืชใหม่มาใช้ให้เกิดประโยชน์.

วัตถุประสงค์

1. เพื่อต้องการทราบว่าปริมาณแป้งบักริธที่สามารถผสมกับแป้งสาลีในการทำคุกกี้จะเป็นเท่าใดจึงจะเป็นที่ยอมรับ
2. เพื่อต้องการทราบว่าคุณค่าอาหารทางโภชนาการของคุกกี้ที่ใช้แป้งบักริธผสมจะแตกต่างกับคุกกี้ที่ใช้แป้งสาลีส่วนมากน้อยเท่าใด
3. เพื่อรู้จักการใช้พืชใหม่มาใช้ให้เกิดประโยชน์.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การทำแป้งบักริธ ใช้บักริธพันธุ์ Shinano 5 กิโลกรัม ต้มน้ำ 4 ครั้ง ตักเอาเมล็ดเสียหรือสับที่ลอยน้ำขึ้นมาอยู่บนผิวน้ำทิ้ง ตักขึ้นวางบนกระดาษกรองไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำไปผึ่งในรังถึงที่มีผ้าขาวบางรอง โดยผึ่งครั้งละประมาณ 400-500 กรัม นาน 5 นาที นำออกผึ่งบนกระดาษ กรองไว้ข้างคั้นที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้เมล็ดแห้งสนิทเพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อราเกิดขึ้น เมื่อต้องการเก็บไว้นาน ๆ นำไปแยกเอาเปลือกออกด้วยเครื่องมือชนิด Soybean grinder ซึ่งประกอบด้วยหินประกบกัน 2 ด้าน ปรับหินให้มีช่องว่างให้พอเหมาะกับเมล็ดบักริธ เมื่อเมล็ดบักริธผ่านช่องว่างระหว่างหิน หินก็จะบดเมล็ดบักริธแตก เปลือกก็จะแยกออก ผิดเลือก

ออกด้วยกระตัง จะมีเมล็ดบักวีตบางส่วนที่ไม่แตกและลอยผ่านช่องว่างระหว่างหิน จึงนำเข้าเครื่องโม่อีกครั้งหนึ่งพร้อมกับปรับดินให้มีช่องว่างแคบลง.

ลักษณะของเมล็ดบักวีตที่แยกเอาเปลือกออกแล้วจะมีสีน้ำตาลอ่อนเคลือบเมล็ดแบ่งไว้เรียกว่า รำ เปรอร์เซนต์ของเมล็ดบักวีตหลังจากแยกเปลือกออกแล้วจะได้ปริมาณร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก นำไปบดเป็นแป้งด้วยเครื่องบดแบบ Hammer mill ผ่านตะแกรงขนาด 0.2 มิลลิเมตร ร่อนแป้งด้วยตะแกรงร่อนแป้ง บรรจุแป้งใส่ถุง Polyethylene ปิดปากถุงให้สนิท เก็บไว้ในตู้เย็นธรรมดาเพื่อรักษาคุณภาพของแป้ง ก่อนที่จะนำมาทดลองทำคุกกี้.

2. การทดลองทำคุกกี้ได้ทดลองทำ 5 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างจะใช้แป้งบักวีตและแป้งสาลีในปริมาณที่แตกต่างกัน สำหรับส่วนผสมอื่น ๆ จะใช้ปริมาณเท่ากัน ดังนี้ :

ตัวอย่างที่ 1	ใช้แป้งสาลี ร้อยละ 100	ใช้เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ
ตัวอย่างที่ 2	ใช้แป้งบักวีต ร้อยละ 20	ผสมกับแป้งสาลี ร้อยละ 80
ตัวอย่างที่ 3	ใช้แป้งบักวีต ร้อยละ 30	ผสมกับแป้งสาลี ร้อยละ 70
ตัวอย่างที่ 4	ใช้แป้งบักวีต ร้อยละ 40	ผสมกับแป้งสาลี ร้อยละ 60
ตัวอย่างที่ 5	ใช้แป้งบักวีต ร้อยละ 50	ผสมกับแป้งสาลี ร้อยละ 50

ดังนั้นสูตรคุกกี้แต่ละตัวอย่างจะเป็นไปตามสูตรดังนี้ :

Table 1. Cookies formulation

Ingredients	Quantity (gram)				
	Formulae 1	Formulae 2	Formulae 3	Formulae 4	Formulae 5
Wheat flour	1000	800	700	600	500
Buckwheat flour	-	200	300	400	500
Butter	400	400	400	400	400
Shortening	275	275	275	275	275
Icing	550	550	550	550	550
Eggs	4	4	4	4	4
Baking powder	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95
Salt	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
Vanilla	1	1	1	1	1

วิธีการทำคุกกี้แต่ละตัวอย่างจะเหมือนกันคือ ร่อนแป้งทั้งสองชนิด เกสือ ผงฟู เข้าด้วยกัน ตีเนยสดและเนยขาวด้วยเครื่องผสมไฟฟ้าให้ขึ้นขาว นาน 5 นาที ใส่น้ำตาลไอซิ่ง ตีให้เป็นครีม นาน 10 นาที ใส่วิเศษผสมให้เข้ากัน 5 นาที ใส่น้ำมันที่ร่อนไว้ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ใส่กลิ่น ตักใส่ในพิมพ์คุกกี้ กดลงในถาดที่ทาไขมันไว้แล้ว นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส สำหรับไฟบน และ 100 องศาเซลเซียส สำหรับไฟล่าง นาน 20 นาที นำออกวางบนตะแกรง ทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุใส่ถุง Polyethylene ถุงละ 200 กรัม ผักปัดปากถุง นำมาทดสอบการยอมรับ และวิเคราะห์คุณค่าอาหารทางโภชนาการ.

3. การวิเคราะห์ทางเคมี นำแป้งบักวีต แป้งสาลี และคุกกี้ ทั้ง 5 ตัวอย่าง วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิเคราะห์หาโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต กาก เถ้า และ ความชื้น ตามวิธีของ AOAC (1984).

4. การทดสอบการยอมรับ นำผลิตภัณฑ์คุกกี้ ทั้ง 5 ตัวอย่าง ทดสอบการยอมรับ โดยวิธีทางด้านประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบที่เป็นผู้บริโภครวมไป จำนวน 9 คน ทำการทดสอบ ด้วยการให้ผู้ทดสอบชิมแต่ละคนบอกลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ชิมคิดว่าดีเลิศ หรือ Ideal (I) บนแผ่นแสดงแบบ Horizontal และประเมินค่าของตัวอย่างที่ชิมควบคู่กันไปบนแผ่นแสดง แล้วนำมาหาค่าอัตราส่วนของแต่ละผู้ทดสอบชิมระหว่างค่าคะแนนของตัวอย่าง และค่าของ Ideal เพื่อหาความแตกต่าง ลักษณะต่าง ๆ ของคุกกี้ ในแง่สี ความหนา ความกรอบ ความหวาน กลิ่น การกลืน และการยอมรับรวม (Wiriyacharee, 1990) ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการทดสอบ F-test.

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งบักวีตที่นึ่งเมล็ดก่อนแยกเปลือก (1) และแป้งบักวีตที่ไม่ได้นึ่งก่อนแยกเปลือก (2) เปรียบเทียบกับแป้งสาลีที่ใช้ผสม โดยถือเอาปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และกาก เป็นตัวเปรียบเทียบ พบว่าแป้งบักวีตชนิดที่ (1) มีปริมาณโปรตีนมากกว่าแป้งสาลีคือ มีร้อยละ 11.68 รองลงมาคือแป้งบักวีตชนิดที่ (2) คือมีร้อยละ 11.12 ส่วนแป้งสาลีมีโปรตีนเพียงร้อยละ 9.38 ปริมาณไขมันของแป้งบักวีตชนิดที่ (1) จะมีมากกว่าแป้งสาลีคือ มีร้อยละ 3.24 รองลงมาคือแป้งบักวีตชนิดที่ (2) คือ มีร้อยละ 2.76 ส่วนแป้งสาลีมีปริมาณไขมันร้อยละ 0.91 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของแป้งบักวีตชนิดที่ (1) จะมีน้อยกว่าแป้งบักวีตชนิดที่ (2) และแป้งสาลีคือ มีร้อยละ 70.11 ส่วนแป้งบักวีตชนิดที่ (2) และ

แป้งสาลีจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่แตกต่างกันคือ มีร้อยละ 75.96 และ 76.47 ตามลำดับ สำหรับกากของแป้งบัควีทชนิดที่ (1) และแป้งบัควีทชนิดที่ (2) จะมีปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน และมีมากกว่าแป้งสาลีคือ มีร้อยละ 2.98 และ 3.10 ตามลำดับ ส่วนแป้งสาลีมีเพียงร้อยละ 0.74 (ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 2).

Table 2. Proximate analysis of buckwheat flour and wheat flour.

	Buckwheat flour		Wheat flour
	Steamed grains	Unsteamed grains	
Protein	11.68 ± 0.05^a	11.12 ± 0.04^b	9.38 ± 0.03^c
Fat	3.24 ± 0.03^a	2.76 ± 0.06^b	0.91 ± 0.00^c
Carbohydrate	70.11 ± 0.15^b	75.96 ± 0.48^a	76.47 ± 0.18^a
Fiber	2.98 ± 0.04^a	3.10 ± 0.29^a	0.47 ± 0.27^b
Ash	1.52 ± 0.06^a	1.34 ± 0.03^b	0.36 ± 0.02^c
Moisture	10.46 ± 0.07^b	5.71 ± 0.25^c	12.13 ± 0.04^a

1. Analyzed from animal husbandry department, Chiangmai University.

2. Mean and standard deviation within column with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$.

สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่ผสมแป้งบัควีท เปรียบเทียบกับทุกที่ สูตรที่ 1 โดยถือเอาปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และกาก เป็นตัวเปรียบเทียบพบว่า ทุกที่สูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 มีโปรตีนไม่แตกต่างกันและมีมากกว่าสูตรที่ 1 คือ มีร้อยละ 7.74 และ 7.75 ตามลำดับ สูตรที่ 1 จะมีโปรตีนร้อยละ 7.06 ปริมาณไขมันสูตรที่ 4 จะมีมากกว่าสูตรที่ 1 สูตรที่มีไขมันน้อยคือสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูตรที่ 1 จะมีมากกว่าสูตรที่ 4 ในขณะที่สูตรที่ 2 มีน้อยที่สุด ปริมาณกากสูตรที่ 3 จะมากกว่าสูตรที่ 1 คือมีร้อยละ 0.93 รองลงมาคือสูตรที่ 4 และสูตรที่ 2 (ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 3).

Table 3. Proximate analysis of developed cookies (Percentage)

	Buckwheat cookies				
	Formulae 1	Formulae 2	Formulae 3	Formulae 4	Formulae 5
Protein	7.06 $\pm$ 0.02 ^c	7.33 $\pm$ 0.16 ^b	7.50 $\pm$ 0.06 ^b	7.75 $\pm$ 0.04 ^a	7.74 $\pm$ 0.03 ^a
Fat	34.59 $\pm$ 0.13 ^b	34.30 $\pm$ 0.07 ^c	34.15 $\pm$ 0.03 ^c	34.91 $\pm$ 0.06 ^a	34.60 $\pm$ 0.03 ^b
Carbohydrate	54.25 $\pm$ 0.23 ^a	52.22 $\pm$ 0.23 ^d	52.62 $\pm$ 0.00 ^c	52.90 $\pm$ 0.05 ^{bc}	53.03 $\pm$ 0.07 ^b
Fiber	0.41 $\pm$ 0.03 ^d	0.68 $\pm$ 0.01 ^b	0.93 $\pm$ 0.01 ^a	0.70 $\pm$ 0.04 ^b	0.58 $\pm$ 0.01 ^c
Ash	0.86 $\pm$ 0.01 ^d	0.97 $\pm$ 0.01 ^c	1.04 $\pm$ 0.04 ^{bc}	1.10 $\pm$ 0.05 ^{ab}	1.13 $\pm$ 0.00 ^a
Moisture	2.82 $\pm$ 0.06 ^c	4.48 $\pm$ 0.02 ^a	3.74 $\pm$ 0.06 ^b	2.63 $\pm$ 0.06 ^d	2.91 $\pm$ 0.01 ^c

1. Analyzed from animal husbandry department, Chiangmai University.

2. Mean and standard deviation within column with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$

ผลการทดสอบการยอมรับ

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมจำนวน 9 คน พบว่า คุกกี้ที่ใช้แป้งบักร์ผสมทั้ง 5 ตัวอย่าง คือ ร้อยละ 0, 20, 30, 40 และ 50 จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านความหนา ความกรอบ ความหวาน กลิ่น และการยอมรับรวม แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 ($P < 0.05$) ในด้านสีและการกลิ่น.

ในด้านสีจะพบว่าสูตรที่ 2 และสูตรที่ 4 มีลักษณะสีปรากฏที่ดีกว่าสูตรอื่น ๆ คือจะมีสีเหลืองพอสี มีแสงความชอบเท่ากับ 1.05-1.17 ส่วนสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ผู้ชิมชอบรองลงมาอยู่ในระดับพอใช้จะมีสีเหลืองเข้มเล็กน้อย มีแสงความชอบเท่ากับ 0.73-0.88 สูตรที่ 5 จะเป็นสูตรที่ผู้ชิมไม่ชอบที่สุดจะมีสีเหลืองเข้ม มีแสงความชอบค่อนข้างสูง คือ 1.39.

ในด้านการกลิ่นจะพบว่า สูตรที่ 1 และสูตรที่ 4 จะกลิ่นง่ายกว่าสูตรอื่น ๆ มีค่าแสงความชอบเท่ากับ 1.09-1.15 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 5 จะกลิ่นง่ายรองลงมา ส่วนสูตรที่ 2 การกลิ่นจะค่อนข้างยากคือ จะรู้สึกมีคอกเล็กน้อยมีแสงความชอบเท่ากับ 1.90 (ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 4).

Table 4. Sensory evaluation of cookies with different characteristics.

Recipe	Colour	Thickness	Crispsness	Sweetness	Oder	Swallow	Overall acceptability
1	0.88±0.29 ^{bc}	1.17±0.32	1.10±0.35	0.99±0.36	0.63±0.31	1.09±0.52 ^b	4.50±2.23
2	1.05±0.31 ^{abc}	1.20±0.36	1.26±0.53	0.97±0.26	0.91±0.42	1.90±1.13 ^a	5.64±2.05
3	0.73±0.48 ^c	1.10±0.44	0.92±0.56	0.79±0.46	0.72±0.00	1.66±0.78 ^{ab}	6.41±1.89
4	1.17±0.44 ^{ab}	1.10±0.46	1.00±0.54	0.86±0.28	0.77±0.43	1.15±0.45 ^b	5.39±2.46
5	1.39±0.65 ^a	0.95±0.51	1.12±0.62	1.02±0.41	0.72±0.29	1.48±1.10 ^{ab}	6.80±2.12

Note : 1. Using 9 general panelists for sensory evaluation

2. Mean and standard deviation within column with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$

3. Ratio = 1.00 is the best attribute (ideals)

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทำคุกกี้แป้งบักร์ผสมทั้ง 5 ตัวอย่าง หากพิจารณาในเรื่องการยอมรับในทุก ๆ ลักษณะแล้วพบว่า คุกกี้ที่ใช้แป้งบักร์ผสมร้อยละ 40 (สูตรที่ 4) จะเป็นสูตรที่ใช้ได้ดีกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกับคุกกี้ที่ใช้แป้งสาลีร้อยละ 100 (สูตรที่ 1) ไม่ว่าจะเป็นด้านกลิ่น รส ความกรอบ และการกลืน จะไม่มีความแตกต่างกัน และถ้าอุณหภูมิภายในเคาอบมีความร้อนสม่ำเสมอใช้เวลาในการอบเท่ากันจะทำให้สีมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก แม้ว่าจะเก็บไว้นาน 30 วัน ดังนั้นการทำคุกกี้ที่ใช้แป้งบักร์ผสมกับแป้งสาลีจะช่วยเพิ่มคุณค่าอาหารให้สูงขึ้น โดยเฉพาะโปรตีน ไขมัน และกาก โปรตีนในบักร์จะประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายถึงร้อยละ 74 ในขณะที่แป้งสาลีมีเพียงร้อยละ 47 (Net protein utilization score) มีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น กรดลิโนเลอิกซึ่งจะช่วยลดระดับ Cholesterol ในเส้นเลือด และป้องกันเส้นเลือดอุดตัน กากในแป้งบักร์จะช่วยลดปัญหาโรคท้องผูก ป้องกันการเกิดมะเร็งในลำไส้ใหญ่ ช่วยลดไขมันในเส้นเลือด (James, 1988) ทั้งนี้แป้งบักร์ที่ใช้ทำคุกกี้ควรเป็นแป้งบักร์ที่เพิ่งเมล็ดก่อนแยกเปลือก การนี้นอกจากจะทำให้เมล็ดเกิดการพองตัวทำให้ง่ายต่อการแยกเปลือกในขณะไม่ ยังช่วยลดเวลาในการทำอาหารน้อยลงด้วย.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวง, ดร.จิตติ ปิ่นทอง ที่ให้ความอนุเคราะห์ค้ำจุนงบประมาณ และขอขอบคุณ ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี ที่ช่วยแนะนำแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้สมบูรณ์.

เอกสารอ้างอิง

- พัฒนาพิวพันธุ์, กนกทิพย์. (2528). การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณทางการวิจัยการศึกษาชั้นสูง I. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 8-9.
- จันทร์กษณา, จรัญ. (2513). สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พระนคร, หน้า 164-166.
- วิเชียรสวรรค์, พิษณุ. (2524). การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับชนิดแป้ง buckwheat. อาหาร 13(2): 138-143.
- นิยมไทย, สมจิต. และ สุภาวรัตน์, เรืองมณีไพฑูรย์. (2524). การใช้ถั่วขาวเป็นอาหารคน. อาหาร 13(2): 109-116.
- ประภาจิต, สมชาย. อนุกุล, พลศิริ. และ ชุตม, กาญจนปกรณชัย. (2522). การใช้ถั่วมะเข้ในการทำคุกกี้. อาหาร. 11(2): 136-140.
- Birkett Mills. (1977). "Buckwheat Backgrounder" the National Buckwheat Institute, N.Y., USA.
- Douglas M. and Considine, P.E. (1982). Food and Food Production Encyclopedia. N.Y., p.305.
- Marshall, H.G. and Pomeranz Y. (1982). Advance Cereal Science and Technology, Vol. V. N.Y. p. 157.
- Cade, J.S. (1975). Cereals. London. p.49.
- Pinthong, J., Masuda, C., Masuda, H. and others. (1989). "Production and Utilization of Buckwheat in the Highland of Northern Thailand" Final Report, Faculty of Agriculture, Chiangmai University. p.1-2.
- Pomeranz, Y. and Roobins, G.S. (1972). "Amino Acid Composition of Buckwheat" National information from the National Buckwheat Institute. Reprinted from Agricultural and Food Chemistry. Vol 20, No 2, p.270.
- Wiriyacharee, P. (1990). The Systematic Development of a Controlled Fermentation Process Using Mixed Bacterial Starter Cultures for Nham, a Thai Semidry Sausage. Ph.D.Thesis, Massey University, New Zealand.
- Wolff's Family Foods. (1797). "A History of Buckwheat" The Birkett Mills, N.Y. p.1-3.
- Udesky, J. (1988). The Book of Soba, 1st printing, Japan, Kodansha International Ltd., P.104-108.

การใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการสกัดน้ำมันเป็นอาหารสัตว์ปีก 2. ไก่เนื้อ

สุชน ศังทวิวัฒน์, บุญลอม ชีวะอิสระกุล และ จิตรา กลิ่นหอม¹

UTILIZATION OF FULL FAT SOYBEAN IN POULTRY DIETS 2.BROILER

Suchon Tangtaweewipat, Boonlom Cheva-Isarakul and Jitra Klinhom¹

ABSTRACT : The efficient use as a protein source for poultry of full fat soybean (FFSB) treated under various processes i.e. steaming under pressure 40 lbs/sq. inch for 5, 10 or 15 minutes or roasting in a baking oven at 180° c for 20, 30 or 40 minutes or extruding was compared with that of soybean meal. Eight hundred straight run broiler chicks (AA 70.7) were randomly allotted into 8 treatments of 4 replicates, fed with rations containing either kind of the above mentioned FFSB for 6 weeks (Wks 1-7). The protein content of the diets for chicks during 1-3, 3-6 and 6-7 weeks was 21, 19 and 17% respectively. The result revealed that steaming can destroy 76-92% of the trypsin inhibitor activity (TIA) in soybean, particularly that at 15 minutes, while roasting can get rid of only 13-28% TIA. Chicks fed with roasted FFSB had an enlarged pancreas and showed inferior performances to the steaming and the extruding products. Steaming should be at least 10-15 minutes in order to obtain the comparable performances to those of the extrusion or of the soybean meal. The extruded FFSB showed the best feed conversion ratio. This might be due to the very fine particle of the product.

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200.

¹ Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200.

บทคัดย่อ : การใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการสกัดน้ำมัน (Full-fat soybean, FFSB) แต่นำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบต่าง ๆ คือ การนึ่งด้วยไอน้ำที่แรงดัน 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที การอบในตู้อบหมุนปิ้งที่มีอุณหภูมิภายในตู้ 180° ซ เป็นเวลา 20, 30 และ 40 นาที หรือการผ่านเครื่องเอ็กซ์ทราคเปรียบเทียบกับการใช้กากถั่วเหลือง เลี้ยงไก่เนื้อแบบคละเพศ พันธุ์เฮเฮ 707 จำนวน 800 ตัว แบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ เพื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีส่วนประกอบของ FFSB ชนิดต่าง ๆ ช้างต้นเป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยสูตรอาหารแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ให้มีโปรตีนระดับ 21, 19 และ 17% ในช่วงโกอายุ 1-3, 3-6 และ 6-7 สัปดาห์ ตามลำดับ ส่วนค่าพลังงานใช้ประโยชน์และไขมันปล่อยให้เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ FFSB ในอาหาร ผลปรากฏว่าการนึ่งสามารถทำลายสารยับยั้งทริปซิน (Trypsin inhibitor activity, TIA) ได้เกือบหมด (76-92%) โดยเฉพาะเมื่อใช้เวลานึ่ง 15 นาที จะเหลือ TIA ต่ำมาก ใกล้เคียงกับ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราคต่าง จากวิธีการอบซึ่งยังคงเหลือ TIA เป็นจำนวนมาก โดยทำลายไปได้เพียง 13-28% เท่านั้น เมื่อนำไปเลี้ยงไก่เนื้อ ทำให้สมรรถภาพการผลิตเร็วกว่าชนิดนึ่งและเอ็กซ์ทราคอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และยังทำให้ต้นทุนขยายใหญ่ขึ้นอีกด้วย สำหรับ FFSB ชนิดนึ่งเป็นเวลา 5 นาที การเจริญเติบโตยังไม่ดีพอ แต่ถ้าเพิ่มเวลานึ่งนานขึ้นเป็น 10-15 นาที สมรรถภาพการผลิตไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง และกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราค โดยกลุ่มที่ใช้เอ็กซ์ทราคจะให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด ซึ่งอาจเนื่องจากการรวมวิธีการผลิตที่ทำให้มีขนาดเมล็ดเล็กละเอียดมาก.

คำนำ

จากการที่ผลผลิตถั่วเหลืองภายในประเทศ ผลิตได้ไม่พอเพียงกับความต้องการบริโภคทั้งจากมนุษย์และสัตว์ กลายเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีปัญหาทางด้านการเมือง รัฐบาลต้องเข้ามามีส่วนควบคุมและให้ความช่วยเหลือเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองและโรงงานสกัดน้ำมันอย่างใกล้ชิด เป็นเหตุให้ผู้เลี้ยงสัตว์ซึ่งใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนชนิดหนึ่งในอาหารสัตว์ ต้องแบกรับภาระด้านต้นทุนที่สูงขึ้น อันเนื่องมาจากกากถั่วเหลืองมีราคาแพง การใช้เมล็ดถั่วเหลืองเป็นอาหารสัตว์อาจนำไปใช้ได้โดยตรงโดยไม่ต้องนำไปผ่านการสกัดน้ำมันจากโรงงานก่อน เพียงแต่นำเมล็ดถั่วเหลืองเหล่านั้นไปผ่านความร้อนเพื่อให้ทำลายสารต่อต้านการใช้ประโยชน์ของธาตุอาหาร (Antinutritive factors) โดยเฉพาะสารยับยั้งทริปซิน (Trypsin inhibitor activity, TIA) ซึ่งมีปริมาณมากในเมล็ดถั่วเหลืองดิบ (74 mg/g air dry, คังทวิวัฒน์ และชิวะอิสระกุล, 2532) เช่น การนำไปอบ (Dry heated) หรือนึ่ง (Steam heated) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ใ้การกระบวนกรดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ความร้อนที่พอเหมาะ เนื่องจากถ้าให้ความร้อนน้อยไป (Under processing) จะคงเหลือ TIA สูง แต่ถ้ามากเกินไป (Over processing) การใช้ประโยชน์ของสารอาหาร โดยเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น เมทไธโอนีน (Methionine) ไลซีน (Lysine) จะใช้ได้น้อยลง (Hayward et al., 1936; Renner et al., 1953).

การนำเมล็ดถั่วเหลืองไปผ่านการอบแบบ Dry roasting โดยให้มีอุณหภูมิที่เมล็ดถั่ว 118°ซ เป็นเวลา 8.5 นาที ปรากฏว่า TIA ลดลงเหลือ 3.9 mg/g sample ซึ่งนำไปเลี้ยงไก่ในระยะก่อนไข่ได้ที่ระดับ 15% ส่วนไก่ไข่ได้ 20% (Leeson *et al.*, 1989) แต่กรณีของ Porter and Britton (1974) ใช้เมล็ดถั่วผ่านเครื่องเอ็กสตรูด (Extrude) ที่อุณหภูมิ 133°ซ จากนั้นนำเมล็ดถั่วไปยีให้แตกแล้วใช้เลี้ยงไก่เนื้อ พบว่าทำให้การเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารค้อยกว่ากลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองเสริมด้วยไขมันสัตว์ ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนทำให้กากถั่วยังไม่สุ่งพองจนสามารถทำลาย TIA ได้หมด และ/หรือความร้อนระดับดังกล่าวยังไม่สามารถทำให้น้ำมันในเมล็ดถูกนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Carew *et al.*, 1961) อย่างไรก็ตาม ถ้าให้เมล็ดถั่วมีความชื้นสูงในขณะให้ความร้อนด้วย จะลดระยะเวลาและอุณหภูมิลง ดังรายงานของ McNaughton and Reece (1980), Mcnaughton *et al.* (1981) และ Hafez *et al.* (1983) เป็นต้น การนำเมล็ดถั่วไปนึ่งจึงช่วยให้ความร้อนทำลาย TIA ได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ประสิทธิภาพการทำลาย TIA ยังขึ้นอยู่กับค่าความกรดค้าง (pH) อีกด้วย เช่น การนึ่งเมล็ดถั่วที่อุณหภูมิ 99°ซ ที่ pH 6.6 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง TIA จะลดลงเหลือ 7.6% และให้ค่า Protein efficiency ratio (PER) สูงสุด แต่ถ้าเพิ่ม pH เป็น 9.5 จะใช้เวลาเพียง 2.5 นาที โดยคุณภาพโปรตีนยังคงเดิม (Johnson *et al.*, 1980) สำหรับการนำไปต้มด้วยระยะเวลาต่าง ๆ กัน อาจบอกก่อนหรือบอกหลังการต้มหรือต้มแล้วแช่ค้างเพื่อใช้เป็นอาหารสุกรระยะก่อนหย่านม ปรากฏว่าใช้ได้ผลดี (ฮือเชียวชาวกิจ, 2518 ; ภูวดลไพโรจน์, 2525) ส่วนการย่อยด้วยเปปซิน (Pepsin) และหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ยังไม่เหมาะกับการนำไปใช้ (เศรษฐรักษ์, 2520).

จากรายงานดังกล่าวข้างต้น จะเห็นว่ามียุทธวิธีง่าย ๆ ที่สามารถจะทำลาย TIA ในเมล็ดถั่วเหลืองได้ แต่วิธีการดังกล่าวก็ยังไม่สอดคล้องกับการนำไปใช้ในฟาร์ม หรือใช้ในเชิงอุตสาหกรรม เช่น การต้ม การนึ่ง หรือการแช่ค้าง เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้พยายามหาอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่มีในห้องแล็บเพื่อใช้ในการอบหรือนึ่งเมล็ดถั่ว ด้วยวิธีที่ไม่ยุ่งยาก โดยเมล็ดถั่วเหล่านั้นหลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนการแล้วต้องอยู่ในสภาพแห้ง (ความชื้นไม่ควรเกิน 15%) เพื่อเก็บรวบรวมไว้ใช้ได้นาน ๆ ในที่นี้จะนำเมล็ดถั่วเหลืองไปผ่านการอบด้วยเครื่องอบขนมปังหรือนำไปผ่านการนึ่งด้วยเครื่องนึ่งชนิดทำขึ้นใช้เองในห้องแล็บ โดยให้อิหรณ์น้ำมีแรงดัน 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว ด้วยระยะเวลาต่าง ๆ กัน เพื่อใช้เป็นอาหารไก่เนื้อต่อไป.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้จากการซื้อตามท้องตลาดทั่วไป เป็นถั่วชนิดเกรตสัคกัน้ำมัน (เกรต 3, ขนาดเมล็ดโตกว่ากะแกลงร้อนที่มีรูขนาด 4.5 มม.) ไม่ต้องนำไปผ่านการสัคกัน้ำมัน แต่นำไปผ่านความร้อนเพื่อให้ทำลายสารยับยั้งการเจริญเติบโต โดยเฉพาะชนิดสารยับยั้งทริปซิน (TIA) ในที่นี้ให้นำไปผ่านความร้อน 2 แบบ คือ แบบความร้อนชื้น (ถั่วเหลืองนึ่ง) และแบบความร้อนแห้ง (ถั่วเหลืองอบ) มีรายละเอียดวิธีการทำดังนี้ :

ถั่วเหลืองนึ่ง (Steam heated soybeans) ใช้ถั่วเหลืองแบบทำด้วยไม้ประกบกันแน่นปิดด้วยฝาอะลูมิเนียม เมื่อเวลาหนึ่งจะคลุมด้วยกระสอบป่านอีกชั้น กันถึงมีตะแกรงอะลูมิเนียมเจาะรูเพื่อให้ไอน้ำเข้าไปในถังได้ทั่วถึง ผลัดใช้กันเองในห้องดิน ขนาดของถังหนึ่งบรรจุเมล็ดถั่วได้เต็มที่ประมาณ 100 กิโลกรัม แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้เมล็ดถั่วลงไปในถังหนึ่งครั้งละ 50 กิโลกรัม ส่วนหม้อคั้นน้ำอยู่ภายนอกแยกออกจากส่วนถังนึ่ง มีเฉพาะท่อสำหรับให้ไอน้ำร้อนมาเข้าถังนึ่งตรงส่วนล่างสุดของถัง ระยะห่างประมาณ 2 เมตร ก่อนปล่อยไอน้ำร้อนเข้ามาต้องทำให้ไอน้ำมีแรงดันเท่ากับ 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว (หรือ 2.8 กก./ตร.ซม) ไอน้ำร้อนก็แทรกซึมเมล็ดถั่วจากชั้นล่างขึ้นไปยังส่วนบนของถัง โดยมีบางส่วนได้เล็ดลอดออกจากถังนึ่งไป การนึ่งใช้เวลา 5, 10 และ 15 นาที ซึ่งจะมีอุณหภูมิที่เมล็ดถั่วหลังจากนึ่งเท่ากับ 83, 95 และ 105 °C ตามลำดับ หลังจากนั้นรีบนำไปทำให้แห้งด้วยการคั่วในกระทะที่มีความร้อนพอประมาณ (อุณหภูมิต่ำกว่าถั่วนึ่ง) ใช้เวลาประมาณ 2-3 นาที ถั่วนึ่งก็จะแห้ง นำไปใส่กระสอบเพื่อเก็บรวบรวมไว้ใช้เลี้ยงไก่ทดลองต่อไป.

ถั่วเหลืองอบ (Dry heated soybeans) ใช้เครื่องอบขนมปังแบบใช้แก๊สเป็นแหล่งให้ความร้อน มีชั้นเดียวผลิตภายในประเทศ นำเมล็ดถั่วใส่ในถาดสี่เหลี่ยมขนาด 20x28 นิ้ว สูง 1 นิ้ว บรรจุเมล็ดถั่วได้เต็มที่ 8.5 กิโลกรัม นำเข้าอบครั้งละ 2 ถาด ก่อนนำเข้าอบต้องปรับให้อุณหภูมิภายในตู้อบให้คงที่ที่ 180 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาที จากนั้นรีบนำเมล็ดถั่วที่บรรจุในถาดเข้าไปอบด้วยเวลาต่าง ๆ กัน คือ 20, 30 หรือ 40 นาที โดยตลอดระยะเวลาที่อบนั้นไม่มีการเปิดฝาทู้อบ และไม่มีการคนเมล็ดถั่วในถาด ซึ่งจากการตรวจสอบอุณหภูมิที่เมล็ดถั่วหลังจากการอบเสร็จสิ้นแต่ละครั้ง พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ย 60, 81 และ 100 °C เมื่ออบเมล็ดถั่วนาน 20, 30 และ 40 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำไปบรรจุใส่กระสอบเพื่อเก็บไว้ใช้สำหรับการทดลองต่อไป.

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ (Laboratory analysis) :

นำเมล็ดถั่วเหลืองดิบและเมล็ดถั่วที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบต่างๆ ทั้งชนิดนึ่งอบ และเอ็กซ์ทรา ซึ่งในที่นี้ใช้ชื่อเรียกรวม ๆ ว่า Full-fat soybeans (FFSB) มาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของโภชนาแบบหายาโดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1980) และหาปริมาณ TIA ตามวิธีการที่อ้างถึงโดย Kakade *et al.* (1974).

การวิเคราะห์นี้กระทำที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ไทย-เยอรมัน ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

การศึกษาในไก่เนื้อ (Broiler feeding trial) :

ใช้ไก่เนื้อคณะแพทยพันธุ์ เอเอ 707 (AA 707) อายุ 7 วัน จำนวน 800 ตัว แบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม (Treatment) กลุ่มละ 4 ซ้ำ (Replication) แต่ละซ้ำเลี้ยงในคอกแบบปล่อยพื้น ขนาด 1.6 X 2.0 ตารางเมตร มีอาหารและน้ำกินตลอดเวลา อาหารที่ไก่ได้รับในช่วงก่อนอายุครบ 1 สัปดาห์ เป็นอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดผลิตจากบริษัทที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดเหมือนกันหมด (โปรตีน 21%) จากนั้นให้ได้รับอาหารทดลองแบบผง (Mash form) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะไก่อายุ 1-3, 3-6 และ 6-7 สัปดาห์ มีโปรตีนระดับ 21, 19 และ 17% ในแต่ละช่วงอายุตามลำดับ เท่ากันทุกกลุ่ม ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolizable energy, ME) และไขมันมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ FFBSB ในสูตรอาหาร โดยค่า ME ของ FFBSB ที่ใช้คำนวณคือ 3.8 กิโลแคลอรี/กรัม (Wiseman, 1987) ซึ่งทำให้สูตรที่ใช้กากถั่วมี ME ประมาณ 3.0-3.1 ส่วนที่ใช้ FFBSB มีประมาณ 3.2 กิโลแคลอรี/กรัม อาหารทดลองแต่ละกลุ่มที่ส่วนผสมของ FFBSB ชนิดหนึ่งและชนิดอบ ด้วยระยะเวลาต่าง ๆ กัน (5, 10 หรือ 15 และ 20, 30 หรือ 40 นาที ตามลำดับ) เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้ FFBSB ที่ผ่านความร้อนโดยขบวนการเอ็กซ์ทรูด และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นกลุ่มควบคุม (Basal diet) ส่วนผสมของสูตรอาหารที่ใช้ในไก่ช่วงอายุ 1-3, 3-6 และ 6-7 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 1.

งานทดลองกระทำที่ฟาร์มสัตว์ปีก ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นเวลา 7 สัปดาห์ เริ่มจากเดือนเมษายนถึงมิถุนายน 2536 ข้อมูลด้านอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณอาหารที่กิน บันทึกทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับโปรตีนในอาหาร น้ำหนักตับ (Liver) ตับอ่อน (Pancreas) และไขมันช่องท้องรวมกับส่วนห่อหุ้มอวัยวะภายในทั้งหมด (Abdominal plus visceral fat) บันทึกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (อายุไก่ 7 สัปดาห์) จากการฆ่าไก่แบบคัตเส้นเลือดคอใหญ่ (Jugular vein) โดยสุ่มแบบแยกเพศ เพศละตัวต่อซ้ำ จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวเมื่อมีชีวิต ส่วนอัตราการตายบันทึกทุกครั้งที่มีการตายเกิดขึ้นแล้วรายงานผลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและหาลำดับความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's new multiple range test ซึ่งบ่งโดย จันทลักษณ์ (2523).

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางโภชนาการและปริมาณ TIA ใน FFBSB ที่ผ่านขบวนการให้ความร้อนแบบต่าง ๆ :

องค์ประกอบทางโภชนาการของ FFBSB ชนิดหนึ่งเป็นเวลา 10 นาที ชนิดอบเป็นเวลา 30 นาที และชนิดเอ็กซ์ทรูด เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง แสดงไว้ในตารางที่ 2.

Table 1. Composition and nutrient content of broiler diets.

Ingredients	Age of birds (wk)					
	1-3		3-6		6-7	
	SBM	FFSB ¹	SBM	FFSB ¹	SBM	FFSB ¹
Yellow corn	61.19	57.54	66.06	62.72	70.58	68.08
Rice bran	7.00	7.00	7.00	7.00	8.00	8.00
Soybean meal, SBM (44% CP)	19.10	-	17.30	-	12.80	-
Full fat soybean, FFSB (38.3% CP)	-	22.75	-	20.64	-	15.30
Fish meal (55% CP)	11.50	11.50	8.50	8.50	7.50	7.50
Oyster shell	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
DL-Methionine	0.11	0.11	0.04	0.04	0.02	0.02
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Vitamina-Mineral premix ²	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated chemical composition, (% Air dry basis)						
Crude protein	21.00	21.00	19.00	19.00	17.00	17.00
Metabolizable energy (kcal/g)	3.00	3.20	3.05	3.23	3.10	3.23
Crude fiber	4.70	4.35	4.66	4.34	4.55	4.32
Ether extract	4.05	7.40	3.99	7.03	4.16	6.41
Calcium	1.17	1.17	0.94	0.94	0.85	0.85
Avai. phosphorus	0.54	0.54	0.43	0.43	0.39	0.39
Lysine	1.20	1.20	1.00	1.00	0.85	0.85
Methionine (Meth)	0.50	0.50	0.38	0.38	0.32	0.32
Meth + Cysteine	0.85	0.85	0.72	0.72	0.60	0.60

¹ FFSB in each diet was a steam heated (5, 10 or 15 min), dry heated (20, 30 or 40 min) or extruded soybeans.

² Vitamin and mineral premix provided in milligrams per kilogram of diet (except as noted) : Vit. A 15,000 IU; Vit. D₃ 3,750 IU; Vit. E 50; Vit. K₃ 2; Vit. B₁ 3; Vit. B₂ 10; Vit. B₆ 6; Vit. B₁₂ 0.01; Nicotinic acid 40; Pantothenic acid 15; Folic acid 0.7; Biotin 75 µg; Choline chloride 300; Iron 40; Copper 5; Manganese 60; Zinc 60; Cobalt 1; Iodine 0.5; Selenium 0.15; Coccidiostat 1,000 and Antioxidant 50.

Table 2. Chemical composition of full-fat soybean (FFSB) compared to soybean meal.

Composition (% Air-dry basis)	Type of FFSB			Soybean meal (NRC, 1984)
	Steam heated ¹ (10 min)	Dry heated ² (30 min)	Extruder	
Dry matter	91.7	91.5	93.0	89.0
Crude protein	37.5	37.9	41.5	44.0
Ether extract	20.9	19.5	19.1	0.8
Crude fiber	5.6	5.4	5.2	7.3
Nitrogen free extract	22.7	23.9	22.2	29.1
Ash	5.0	4.8	5.0	7.8
ME (kcal/g)	NA	NA	3.8 ³	2.2
Essential amino acid				
Lysine	NA	NA	2.35 ³	2.93
Methionine	NA	NA	0.52	0.65
Cystine	NA	NA	0.63	0.69
Tryptophan	NA	NA	0.48	0.62
Threonine	NA	NA	1.44	1.81
Leucine	NA	NA	2.85	3.52
Isoleucine	NA	NA	1.78	2.39
Valine	NA	NA	1.77	2.34
Histidine	NA	NA	0.91	1.15
Phenylalanine + Tyrosine	NA	NA	3.20	3.55

NA = Data not available

¹ Heated under pressure 40 lbs/square inch

² Roasted in bakery oven at 180° C

³ Wiseman (1987)

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า FFSB ชนิดหนึ่งและอบ มีโปรตีนต่ำกว่าชนิดเอ็กซ์ทราคต์ประมาณ 3% (37.5-37.9 vs 41.5% ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจากโรงงานผู้ผลิต FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราคต์ได้ใช้เมล็ดถั่วเกรดสูงกว่าถั่วหนึ่งและอบ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้เกรด 3 ที่มีขนาดเมล็ดเล็กกว่า ส่วนองค์ประกอบทางโภชนาการอื่น ๆ (ไขมัน เยื่อใย NFE และเถ้า) ของ FFSB ทั้งสามมีปริมาณใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองแล้วปรากฏว่า FFSB มีโปรตีนและเยื่อใยต่ำกว่ากากถั่วเล็กน้อย (ประมาณ 3-6 และ 2% ตามลำดับ) ในขณะที่มีปริมาณไขมันมากกว่าหลายเท่าตัว จึงทำให้ค่า ME ของ FFSB สูงกว่ากากถั่ว (3.8 vs 2.2 กิโลแคลอรี/กรัม) ซึ่งจัดว่าเป็นข้อดีสำหรับการใช้ FFSB เป็นอาหารสัตว์ เพราะให้ได้ทั้งพลังงานและโปรตีนแก่สัตว์.

การให้ความร้อนแบบชื้นและแห้ง (หนึ่งและอบ) ด้วยระยะเวลาต่าง ๆ กันเพื่อทำลาย TIA นั้น ผลแสดงไว้ในตารางที่ 3 ปรากฏว่าการนึ่ง (แบบให้ความร้อนชื้น) ด้วยอุปกรณ์ตั้งนึ่งที่ผลิตใช้กันเองอย่างง่าย ๆ ในท้องถิ่น สามารถทำลาย TIA ใน FFSB ได้ถึง 76% เมื่อใช้เวลาเพียง 5 นาที และจะทำลายได้เกือบหมดถ้าเพิ่มเวลานึ่งนานขึ้น หากเปรียบเทียบกับวิธีการอบที่อุณหภูมิห้อง 180° ซ เป็นเวลา 20-40 นาที ผลจะต่างกันมาก กล่าวคือ การอบด้วยวิธีนี้สามารถทำลาย TIA ได้เพียง 13-29% เท่านั้น ทั้งนี้อาจมีผลเนื่องจากความหนาของเมล็ดถั่วที่ใส่ในตู้อบแต่ละครั้งมีความหนาแน่นมาก (ประมาณ 1 นิ้ว) ความร้อนไม่สามารถที่จะแผ่เข้าไปยังส่วนกลางของถั่วได้ ประกอบกับการอบในแต่ละครั้งไม่มีการคนให้เมล็ดถั่วในแต่ละจุดของถั่วให้ได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง ซึ่ง Leeson *et al.* (1989) รายงานว่า TIA จะถูกทำลายได้เกือบหมดเมื่อให้เมล็ดถั่วได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 118° ซ เป็นเวลา 8.5 นาที สูงกว่าอุณหภูมิของเมล็ดถั่วที่ใช้อบในครั้งนี้ที่ปรากฏว่า ณ จุดกึ่งกลางของถั่ววัดอุณหภูมิได้ 60, 81 และ 100° ซ เมื่อใช้เวลานาน 20, 30 และ 40 นาที ตามลำดับ TIA ในเมล็ดถั่วจึงยังคงเหลืออยู่มาก (40-49 mg/g sample) ต่างจากการนึ่งซึ่งในไอน้ำที่มีแรงดัน 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว ความร้อนจากไอน้ำสามารถกระจายเข้าไปยังเมล็ดถั่วแต่ละเมล็ดได้อย่างทั่วถึง จึงไม่จำเป็นต้องนึ่งนาน ผลสอดคล้องกับรายงานของ McNaughton and Reece (1980) และ McNaughton *et al.* (1981) ที่กล่าวอ้างว่าการให้ความชื้นแก่เมล็ดถั่วในขณะที่ให้ความร้อนจะช่วยลดระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ได้.

สำหรับ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราคต์ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้จากการให้เมล็ดถั่วที่บดแล้วผ่านเข้าไปยังเกลียวขนาดต่าง ๆ ภายในตัวเครื่อง จนเกิดความดันสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในที่สุดก็จะถูกดันผ่านรูเปิดเล็ก ๆ ออกมาภายนอก มีอุณหภูมิประมาณ 150° ซ ใช้เวลาอยู่ในเครื่องไม่เกิน 30 วินาที FFSB ชนิดนี้จึงเหลือ TIA น้อยมาก โดยมีปริมาณใกล้เคียงกับ FFSB ชนิดหนึ่งด้วยเวลา 15 นาที (3.1 vs 4.5 mg/g sample, ตามลำดับ) ซึ่งแบบหนึ่งนี้มีอุณหภูมิที่เมล็ดถั่วต่ำกว่า (105° ซ) แต่ใช้เวลานานกว่า (ตารางที่ 3).

Table 3. Effect of heating on trypsin inhibitor activity (TIA).

Type of full-fat soybean	TIA (mg/g sample)	% Destroy
Raw	55.4	-
Steam heated, 5 min ¹	13.2	76.2
Steam heated, 10 min	10.3	81.4
Steam heated, 15 min	4.5	91.9
Dry heated, 20 min ²	49.0	13.1
Dry heated, 30 min	45.4	18.1
Dry heated, 40 min	39.6	28.5
Extruder	3.1	94.4

^{1,2} See Table 2.

การศึกษาในไก่เนื้อ

การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

การใช้ FFBSB เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 1-7 สัปดาห์ โดยช่วงไก่อายุ 0-1 สัปดาห์ ให้กินอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ด ผลแสดงไว้ในตารางที่ 4 ปรากฏว่า FFBSB ชนิดนี้ 10 และ 15 นาที ให้สมรรถภาพการผลิต (การเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราแลกน้ำหนัก) ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม ส่วนชนิดนี้ใช้เวลา 5 นาที และชนิดอบทั้งสามกลุ่มให้สมรรถภาพการผลิตคล้ายกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ทั้งนี้อาจมีผลเนื่องจากปริมาณสารยับยั้งการเจริญเติบโตโดยเฉพาะชนิด TIA ในตัวอบและตัวนี้ 5 นาที ยังคงเหลือค่อนข้างสูง ซึ่งมีผลทำให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง เช่นเดียวกับการใช้ถั่วเหลืองดิบหรือ FFBSB ที่ยังไม่สุกพอ (Mitchell *et al.*, 1972; Porter and Britton, 1974) อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาเฉพาะอัตราแลกน้ำหนัก (FCR) ของกลุ่มที่ใช้ FFBSB ชนิดนี้ 5 นาที ให้ผลไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม โดยมีประสิทธิภาพดีกว่ากลุ่มที่ใช้ FFBSB ชนิดอบ อาจมีสาเหตุมาจาก TIA ที่ยังคงเหลือในเมล็ดตัวนี้มีปริมาณ

ไม่มาก (13.2 mg/g sample, ตารางที่ 3) ประกอบกับไก่กินอาหารได้น้อย การเติบโตไม่ดี เมื่อคำนวณเป็น FCR จึงไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม แต่ถ้าหากพิจารณาเทียบกับกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดอบพบว่า มีปริมาณ TIA ต่ำกว่ามาก ดังผลที่แสดงในตารางที่ 5 ที่ปรากฏว่า ปริมาณ TIA ที่ไก่กินเข้าไป ตลอดระยะเวลาการทดลอง กลุ่ม FFSB ชนิดนี้ 5 นาที มีปริมาณต่ำกว่ากลุ่ม FFSB ชนิดอบมาก (9.9 vs 28.7-35.3 g/bird, ตามลำดับ).

Table 4. Production performance of 7 week-old broilers fed diets containing different processed soybean.

Diets	Liveweight gain (kg)	Feed intake (kg)	FCR	Mortality (%)
Basal (soybean meal)	2.04 ^a	4.15 ^a	2.03 ^{bc}	6.0 ^a
Extruder	2.11 ^a	4.04 ^{ab}	1.91 ^d	2.0 ^a
Steam heated, 5 min ¹	1.92 ^b	3.93 ^{bc}	2.05 ^{bc}	1.0 ^a
Steam heated, 10 min	2.04 ^a	4.09 ^{ab}	2.01 ^c	5.0 ^a
Steam heated, 15 min	2.06 ^a	4.16 ^a	2.02 ^c	5.0 ^a
Dry heated, 20 min ²	1.77 ^c	3.78 ^c	2.13 ^a	8.0 ^a
Dry heated, 30 min	1.75 ^c	3.75 ^c	2.15 ^a	4.0 ^a
Dry heated, 40 min	1.81 ^c	3.80 ^c	2.10 ^{ab}	8.0 ^a

a, b, c Means within column with no common superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

^{1,2} see table 2.

สำหรับการใช้ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทรูด ปรากฏว่าให้สมรรถภาพการผลิตไม่ต่างจากกลุ่มที่นิ่ง 10-15 นาที แต่มี FCR ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (1.91 vs 2.01-2.15, ตารางที่ 4) ทั้งนี้เนื่องจาก FFSB ชนิดเอ็กซ์ทรูดต้องผ่านความร้อนที่สูงมาก (ประมาณ 150° ซ) ซึ่งทำลาย TIA ได้เกือบหมด (ตารางที่ 3) เมื่อนำไปใช้จึงไม่ก่อให้เกิดผลเสีย ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Waldroup and Cotton (1974) ที่ใช้ FFSB ชนิดผ่านเครื่องเอ็กซ์ทรูด หรือชนิดนี้ด้วย Autoclave ทั้งที่ให้และไม่ให้ความชื้น ด้วยระยะเวลาที่เหมาะสม เมื่อนำไปเลี้ยงไก่เนื้อไม่ปรากฏผลแตกต่าง (Featherston and Rogler, 1966; McNaughton and Reece, 1980) ทำนองเดียวกับผลการศึกษาในไก่ไข่ระยะไกรุ่น และนกกระทาไข่ โดย ตั้งทวีวัฒน์และ

ชวะยิธระกุล (2535) ที่ใช้ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทรา ซึ่งผลิตจากโรงงานเกี่ยวกับการศึกษาในครั้งนี้ โดยใช้แทนที่กากถั่วเหลืองครึ่งหนึ่งหรือทั้งหมดเป็นเวลา 3 เดือน ก็ไม่ปรากฏผลเสียแม้ว่าจะใช้แทนที่ทั้งหมดก็ตาม.

อย่างไรก็ดีจากผลการศึกษาในครั้งนี้ การใช้ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราให้ FCR ต่ำกว่ากลุ่มอื่นทุกกลุ่ม อาจมีสาเหตุมาจาก FFSB ชนิดเอ็กซ์ทรา มีขนาดเม็ด (Particle size) เล็กละเอียดมาก (ประมาณ 1 มม.) อันเกิดจากกรรมวิธีการผลิตที่ต้องรีดตัวไปตามเกลียว จากนั้นพ่นออกมาเป็นฝอยเล็ก ๆ ต่างจาก FFSB ชนิดหนึ่งหรือรอบที่ยังคงสภาพเป็นเม็ดเล็กด้วยอยู่ ก่อนนำไปใช้ก็เพียงแคบดด้วย Hammer mill ให้มีขนาด 3 มม. เท่านั้น ซึ่ง Mitchell *et al.* (1972) รายงานว่า FFSB ชนิดรอบที่ผ่านเครื่อง Roast-a-Tron ที่มีอุณหภูมิ 122-125°ซ มีผลให้การย่อยได้ของไขมันใน FFSB ต่ำขึ้น เมื่อยังบดเม็ดเล็กตัวให้มีขนาดเล็กลง FCR ของกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราที่มีขนาดเม็ดละเอียดจึงให้ผลดีกว่า อย่างไรก็ตาม FFSB ชนิดหนึ่งและรอบน่าจะมีข้อดีกว่าตรงที่สามารถเก็บไว้ได้นาน ๆ เพราะยังคงเป็นเม็ดที่มีเปลือกหุ้ม ส่วน FFSB ชนิดเอ็กซ์ทรา ไม่เหมาะที่จะเก็บไว้นาน เนื่องจากจะเกิดการฟืนของไขมันได้ง่ายกว่าแบบหนึ่งและรอบนั่นเอง.

Table 5. Amount of trypsin inhibitor activity (TIA) in diet and the intake of broilers fed diets containing different processed soybean.

Diets	TIA			
	In diet (%)		Intake ¹	
	1-3 wk	3-6 wk	6-7 wk	(g/bird)
Basal (soybean meal)		NA		NA
Extruder	0.07	0.06	0.05	2.4
Steam heated, 5 min ²	0.30	0.27	0.20	9.9
Steam heated, 10 min	0.23	0.21	0.16	8.1
Steam heated, 15 min	0.10	0.09	0.07	3.6
Dry heated, 20 min ³	1.11	1.01	0.75	35.3
Dry heated, 30 min	1.03	0.94	0.69	32.5
Dry heated, 40 min	0.90	0.82	0.61	28.7

NA = Data not available

¹ The whole experimental period (7 wks)

^{2,3} See 1, 2 in Table 2

กรณีอัตราการตายจากทุกกลุ่มการทดลองไม่ปรากฏผลแตกต่างกัน (ตารางที่ 4) แม้ว่าจะบางกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่มที่ได้รับ FFSB ชนิดคอป ได้รับ TIA ปริมาณมากก็ตาม ผลนี้สอดคล้องกับหลาย ๆ การทดลองทั้งที่ใช้ถั่วคิบ ถั่วชนิดที่มี TIA ต่ำ (Kunitz inhibitor-free) หรือถั่วชนิดที่ยังผ่านความร้อนมาไม่พอเพียง ไม่มีรายงานเกี่ยวกับผลเสียด้านอัตราการตาย (Bajjalieh *et al.*, 1980; Zhang *et al.*, 1991; Han *et al.*, 1991).

น้ำหนักตับ ตับอ่อน และไขมันในช่องท้อง

จากการสุ่มมาไก่ทดลองที่อายุ 7 สัปดาห์ แล้วชั่งน้ำหนักตับ ตับอ่อน และไขมันในช่องท้อง (Abdominal plus visceral fat) คำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวเมื่อมีชีวิต ผลแสดงในตารางที่ 6 ปรากฏว่า น้ำหนักตับอ่อนของกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดคอปมีการขยายขนาดมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ (0.259-0.279 vs 0.146-0.192% LW) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากตับอ่อนเร่งการผลิตน้ำย่อยโดยเฉพาะชนิดย่อยโปรตีน (Proteolytic enzyme) ออกมาชดเชยกับส่วนที่ถูกขัดขวางการทำงานด้วย TIA โดยไก่กลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดคอปได้รับ TIA เข้าไปในร่างกายเป็นจำนวนมาก (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับผลการศึกษาในหนูของ Kakade *et al.* (1971) ที่ใช้ถั่วชนิดที่มี TIA สูง (Navy bean) หรือใช้ TIA สังเคราะห์ (p-aminobenzamidine) ปรากฏว่าตับอ่อนของหนูขยายใหญ่ขึ้น แต่เมื่อเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีน และ/หรือ ซิสทีน (Cystine) การขยายจะลดลง และสอดคล้องกับในไก่เนื้อที่ให้กินถั่วเหลืองคิบหรือถั่วที่ยังคงมี TIA อยู่ ตับอ่อนก็มีการขยายขนาดเช่นกัน (Featherston and Rogler, 1966; McNaughton and Reece, 1980; Anderson-Hafermann *et al.*, 1992) ส่วนกรณีตับอ่อนของไก่กลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดคอปและชนิดเอ็กซ์ทราคไม่ปรากฏผลต่างจากกลุ่มควบคุม อาจเนื่องจาก TIA ใน FFSB ถูกทำลายไปมาก ซึ่งตลอดระยะเวลาการทดลองเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดคอป พบว่ามีปริมาณน้อยกว่ามาก อย่างไรก็ตามก็มีการใช้ FFSB ชนิดคอปและชนิดเอ็กซ์ทราค ตับอ่อนมีแนวโน้มขยายตัวมากกว่ากลุ่มควบคุม.

สำหรับน้ำหนักตับและไขมันในช่องท้องจากทุกกลุ่มทั้งที่ใช้กากถั่วเหลืองและใช้ FFSB ชนิดต่าง ๆ ให้ผลไม่ต่างกัน ยกเว้นกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดคอป 20 นาฟ มีน้ำหนักตับสูงสุด ส่วนไขมันในช่องท้องของกลุ่มควบคุมมีแนวโน้มที่จะสะสมน้อยกว่ากลุ่มอื่น ๆ (ตารางที่ 6) ผลสอดคล้องกับรายงานของ Summers *et al.* (1966) ที่ใช้ถั่วเหลืองคิบในอาหารไก่ไข่เป็นเวลา 1 ปี ไม่ทำให้น้ำหนักตับแตกต่างจากกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลือง แต่มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักตับลดลงเมื่อมีการใช้ถั่วเหลืองคิบ ส่วนกรณีไขมันในช่องท้องที่มีการสะสมมากขึ้นเมื่อใช้ FFSB นั้น น่าจะเกิดจากอาหารสูตรที่ใช้ FFSB ทุกสูตรมีไขมัน (พลังงาน) สูงกว่าสูตรควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง (ตารางที่ 1) ปริมาณไขมันเหล่านี้เมื่อเหลือจากการใช้ประโยชน์จึงเกิดการสะสมตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (Kubena *et al.*, 1974) แต่การสะสมนี้ยังไม่พบความแตกต่างในทางสถิติ.

Table 6. Percentage of liver, pancreas, and fat of 7 week-old broilers fed diets containing different processed soybean.

Diets	Liver (———— % Liveweight ————)	Pancreas	Fat ¹
Basal (soybean meal)	2.07 ^b	0.148 ^b	2.00 ^a
Extruder	2.12 ^b	0.182 ^b	2.32 ^a
Steam heated, 5 min ²	2.21 ^{ab}	0.192 ^b	2.59 ^a
Steam heated, 10 min	2.15 ^b	0.182 ^b	2.25 ^a
Steam heated, 15 min	1.99 ^b	0.146 ^b	2.13 ^a
Dry heated, 20 min ³	2.44 ^a	0.279 ^a	2.49 ^a
Dry heated, 30 min	2.16 ^b	0.266 ^a	2.74 ^a
Dry heated, 40 min	2.23 ^{ab}	0.259 ^a	2.57 ^a
Males, $\bar{x} \pm SE^4$	2.13 $\pm$ 0.18	0.205 $\pm$ 0.055	2.31 $\pm$ 0.34
Females, $\bar{x} \pm SE^4$	2.21 $\pm$ 0.16	0.209 $\pm$ 0.055	2.45 $\pm$ 0.39

^{ab} Means within column with no common superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

¹ Abdominal plus visceral fat

^{2,3} See 1, 2 in Table 2.

⁴ No significant difference

อนึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ อิทธิพลของเพศไม่มีผลต่อน้ำหนักตับ ตับอ่อน และไขมันในช่องท้องแต่ประการใด (ตารางที่ 6).

ต้นทุนการผลิตเนื้อไก่

ต้นทุนการผลิตไก่เนื้อเมื่ออายุได้ 7 สัปดาห์ โดยให้กินอาหารที่ใช้ FFSB ชนิดต่าง ๆ (ผง, อบ หรือเอ็กซ์ทราค) เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองในช่วงไก่อายุ 1-7 สัปดาห์ (42 วัน) เมื่อพิจารณาเฉพาะต้นทุนค่าอาหารอย่างเดียว โดยกำหนดราคาวัตถุดิบตามราคาเฉลี่ยในท้องตลาด และกำหนดค่าใช้จ่ายสำหรับการฝังและอบเท่ากับ 1 บาท/กิโลกรัม ราคา FFSB ชนิดผงและอบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จึงเท่ากับ 9.50 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราค มีราคา

กิโลกรัมละ 12.50 บาท ผลแสดงในตารางที่ 7 ปรากฏว่าอาหารที่ใช้ FFSB มีราคาสูงขึ้น อันเนื่องมาจาก FFSB มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่ากากถั่วเหลือง และยังมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับกรรมวิธีการทำลายสาร TIA ด้วย ต้นทุนจึงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราด์มีราคาอาหารต่อกิโลกรัมสูงสุด ส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตเนื้อไก่ 1 กิโลกรัม สูงกว่ากลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองและกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดหนึ่ง แต่มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดอบที่มีการเจริญเติบโตไม่ดี.

อย่างไรก็ดี การใช้ FFSB ชนิดหนึ่ง หากใช้เวลานานมากพอจนสามารถทำลาย TIA ได้เกือบหมด และ/หรือ มีการบดเมล็ดถั่วให้แตกละเอียดจนมีขนาดไม่เกิน 1 มม. เพื่อให้ไขมันและสารโภชนะอื่น ๆ ในเมล็ดถั่วถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ จะทำให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่ต่างจาก FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราด์ ต้นทุนการผลิตก็จะต่ำลงอีก ทั้งนี้เพราะค่าใช้จ่ายสำหรับกรรมวิธีการทำลาย TIA เป็นแบบง่าย ๆ มีต้นทุนไม่สูง จึงน่าจะเหมาะสมกับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ที่มีการผสมอาหารใช้เอง โดยการซื้อเมล็ดถั่วจากผู้ปลูกโดยตรง ซึ่งก็จะทำให้ต้นทุนค่าอาหารยังถูกลง.

Table 7. Performance and cost of production of 7 week-old broilers fed diets containing different processed soybean.

Diets	Liveweight gain (kg)	FCR	Cost of feed per ¹	
			kg.feed ← (Bt) →	kg.wt.gain
Basal (soybean meal)	2.04	2.03	5.87	11.92
Extruder	2.11	1.91	6.61	12.63
Steam heated, 5 min ²	1.92	2.05	6.02	12.34
Steam heated, 10 min	2.04	2.01	6.02	12.10
Steam heated, 15 min	2.06	2.02	6.02	12.16
Dry heated, 20 min ³	1.77	2.13	6.02	12.82
Dry heated, 30 min	1.75	2.15	6.02	12.94
Dry heated, 40 min	1.81	2.10	6.02	12.64

¹ Ingredient prices (Bt/kg) : Yellow corn 3.50, rice bran 4.30, fish meal 13.50, oyster shell 1.50, DL-methionine 100.00, salt 2.00, vitamin-mineral premix 150, soybean meal 9.75, and full-fat soybean 12.50 for extruder, 9.50 for steam & dry heated.

^{2,3} See 1, 2 in Table 2.

สรุปผลการทดลอง

จากการใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการสกัดน้ำมัน (FFSB) แต่นำไปผ่านขบวนการให้ความร้อนแบบแห้ง (อบ) และแบบมีความชื้น (นึ่ง) โดย FFSB ชนิดอบ ใช้เครื่องอบหมุนปิ้ง มีแกสเป็นแหล่งให้ความร้อนปรับอุณหภูมิภายในตู้ให้คงที่ที่ 180° ซ. อบด้วยระยะเวลา 20, 30 และ 40 นาที ซึ่งจะได้อุณหภูมิที่เมล็ดถั่วขณะอบเท่ากับ 60, 81 และ 100° ซ. ตามลำดับ ส่วน FFSB ชนิดนึ่ง ใช้ถังนึ่งที่ทำด้วยไม้แบบประกบแน่น ปิดด้วยฝาอะลูมิเนียม ไอน้ำที่เข้ามายังถังนึ่งมีแรงดัน 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว ใช้เวลานึ่ง 5, 10 และ 15 นาที มีอุณหภูมิที่เมล็ดถั่วเท่ากับ 83, 95 และ 106° ซ. ตามลำดับ จากนั้นรีบนำถั่วไปคั่วในกะทะที่กำลังร้อน เป็นเวลา 2-3 นาที เพื่อให้เมล็ดถั่วอยู่ในสภาพแห้ง นำ FFSB ทั้งชนิดอบและนึ่งไปใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนและพลังงานทดแทนกากถั่วเหลืองทั้งหมดในอาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 1-7 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง และสูตรที่ใช้ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราค ผลสรุปได้ว่า :

1. วิธีการนึ่งสามารถทำลาย TIA ได้ดีกว่าแบบอบ โดยการนึ่งที่ระยะเวลา 15 นาที TIA ถูกทำลายเกือบหมด คงเหลือใกล้เคียงกับชนิดเอ็กซ์ทราค ส่วนวิธีการอบยังให้ความร้อนไม่สูงพอ จึงทำลาย TIA ได้เพียงเล็กน้อย (13-29%).
2. FFSB ชนิดนึ่งสามารถใช้เป็นอาหารไก่เนื้อได้ โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต ยกเว้นเมื่อนึ่งด้วยเวลาเพียง 5 นาที การเจริญเติบโตยังไม่ดีพอ.
3. FFSB ชนิดอบ ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้เป็นอาหารไก่เนื้อตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโต (อายุ 1 สัปดาห์) จนถึงระยะส่งตลาด เนื่องจากมีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลง และยังทำให้คัปปอนมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย.
4. FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราคมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด แต่สมรรถภาพการผลิตด้านอื่นๆ ไม่ต่างจาก FFSB ชนิดนึ่ง.
5. การสะสมไขมันในช่องท้องของไก่เนื้อเมื่อได้รับ FFSB ชนิดต่าง ๆ มีแนวโน้มที่จะสะสมมากกว่ากลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลือง.

ข้อเสนอแนะจากผลการทดลอง

จากการพิจารณาระหว่างการศึกษาในครั้งนี้ พอจะมีข้อแนะนำดังนี้ :

1. FFSB ชนิดนึ่ง หากใช้วิธีบดเมล็ดถั่วให้แตกก่อน โดยบดแบบหยาบ ๆ เพียงครั้งเดียว ด้วย Hammer mill ที่มีขนาดรูตะแกรงประมาณ 1 ซม. จากนั้นนำไปนึ่ง อาจจะช่วยลดระยะเวลาสำหรับการนึ่งให้น้อยลงและช่วยทำลาย TIA ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยคุณค่าทางอาหารใน FFSB ไม่ถูกทำลายไปด้วย.

2. FFSB ชนิดคอบด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้น ไม่ควรนำไปใช้แทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทั้งหมด ควรจะใช้แทนที่บางส่วน (เช่น 50 หรือ 75%) หรือมีเช่นนั้นควรนำไปใช้กับไก่เนื้อในช่วงท้ายของการเจริญเติบโต ซึ่งไม่มีความทนทานต่อ TIA ได้มากกว่า ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบันที่มีการผลิตถั่วเหลืองที่มี TIA ต่ำ สำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์โดยตรง โดยไม่ต้องนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนก่อน คาดว่าในอนาคตคงจะมีการใช้ถั่วเหลืองชนิดนี้กันอย่างแพร่หลาย.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยฯ ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้.

เอกสารอ้างอิง

- จันทร์ลักษณ์, จริฎ. (2523). สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ.
- คังทวิวัฒน์, สุชน และ ชิวะฮิระกุล, บุญล้อม (2532). การใช้ถั่วพราเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่เนื้อ. ว.เกษตร 5(2): 137-150.
- คังทวิวัฒน์, สุชน และ ชิวะฮิระกุล, บุญล้อม. (2535). การใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการสกัดน้ำมันเป็นอาหารสัตว์ปีก 1. นกกระทาไข่และไก่สาว. ว.เกษตร 8(2): 115-126.
- ภูวดลไพโรจน์, ศิริลักษณ์. (2525). กรรมวิธีที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองเพื่อใช้เป็นอาหารเลี้ยงลูกสุกรหย่านมก่อนกำหนด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เศรษฐรักษ์, วิมลรัตน์. (2520). ผลของการใช้ซูลินทรีย์ เอนไซม์ และสารละลายค่างช่วยปรับปรุงคุณภาพของถั่วเหลืองเพื่อเลี้ยงสุกรหย่านมก่อนกำหนด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ย้อยเขียวชาญกิจ, กษิตศ. (2518). ผลการแช่ถั่วเหลืองนึ่งและกากถั่วเหลืองลงในสารละลายกรดหรือค่างเพื่อใช้เป็นอาหารเลี้ยงลูกสุกรหย่านมก่อนกำหนด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Anderson-Hafermann, J.C., Zhang, Y., Parsons, C.M. and Hymowitz, T. (1992). Effect of heating on nutritional quality of conventional and Kunitz trypsin inhibitor-free soybeans. Poultry Sci. 71: 1700-1709.
- A.O.A.C. (1980). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, 13th ed. Washington, DC., USA.
- Bajjalieh, N., Orf, J.H., Hymowitz, T. and Jensen, A.H. (1980). Response of young chicks to raw, defatted, Kunitz trypsin inhibitor variant soybeans as sources of dietary protein. Poultry Sci. 59: 328-332.

- Carew, L.B., Jr., Hill, F.W. and Nesheim, M.C. (1961). The comparative value of ground unextracted soybeans and heated dehulled soybean flakes as a source of soybean oil and energy for the chick. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 38: 249-253.
- Featherston, R.R. and Rogler, J.C. (1966). A comparison of processing conditions of unextracted soybeans for utilization by the chick. *Poultry Sci.* 45: 330-336.
- Hafez, Y.S., Singh, G., McLellan, M.E. and Monroe-Lord, L. (1983). Effects of microwave heating on nutritional quality of soybeans. *Nutr. Reports Int.* 28(2): 413-421.
- Han, Y., Parsons, C.M. and Hymowitz, T. (1991). Nutritional evaluation of soybeans varying in trypsin inhibitor content. *Poultry Sci.* 70: 896-906.
- Hayward, J.W., Steenbock, H. and Bohstedt, G. (1936). The effect of heat as used in the extraction of soybean oil upon the nutritive value of the protein. *J. Nutr.* 11: 219-234.
- Johnson, L.A., Deyoe, C.W., Hoover, W.J. and Schwenke, J.R. (1980). Inactivation of trypsin inhibitor in aqueous soybean extracts by direct steam infusion. *Cereal Chem.* 57(6): 376.
- Kakade, M.L., Simons, N. and Liener, I.E. (1971). Nutritional effects induced in rats by feeding natural and synthetic trypsin inhibitors. *J. Nutr.* 100: 1003-1008.
- Kakade, M.L., Rackis, J.J., McGhee, J.E. and Puski, G. (1974). Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem.* 51: 376-383.
- Kubena, L.F., Chen, T.C., Deaton, J.W. and Reece, F.N. (1974). Factors influencing the quantity of abdominal fat in broilers. 3. Dietary energy levels. *Poultry Sci.* 53: 974-978.
- Leeson, S., Atteh, J.O. and Summers, J.D. (1989). Soybeans in diets for pullets and laying hens. *Nutr. Reports Int.* 40: 425-430.
- McNaughton, J.L. and Reece, F.N. (1980). Effect of moisture content and cooking time on soybean meal, urease index, trypsin inhibitor content, and broiler growth. *Poultry Sci.* 59: 2300-2306.
- McNaughton, J.L., Reece, F.N. and Deaton, J.W. (1981). Relationships between color, trypsin inhibitor contents, and urease index of soybean meal and effects on broiler performance. *Poultry Sci.* 60: 389-400.
- Mitchell, R.J., Waldroup, P.W., Hillard, C.M. and Hazen, K.R. (1972). Effects of pelleting and particle size on utilization of roasted soybeans by broilers. *Poultry Sci.* 51: 506-510.
- National Research Council (NRC). (1984). Nutrient requirements of poultry, 8th ed. National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- Porter, P.J. and Britton, W.M. (1974). Fatty acid composition of chicks fed full fat soybeans. *Poultry Sci.* 53: 1137-1141.
- Renner, R., Clandinin, D.R. and Robblee, A.R. (1953). Action of moisture on damage done during overheating of soybean oil meal. *Poultry Sci.* 32: 582-585.
- Summers, J.D., McConachie, J.D., Slinger, S.J. and Pepper, W.F. (1966). The value of raw unextracted soybeans for laying hens. *Poultry Sci.* 45: 165-169.
- Waldroup, P.W. and Cotton, T.L. (1974). Maximum usage levels of cooked full-fat soybeans in all-mash broiler diets. *Poultry Sci.* 53: 677-680.
- Wiseman, J. (1987). Feeding of non-ruminant livestock. Butterworths, London, UK.
- Zhang, Y., Parsons, C.M. and Hymowitz, T. (1991). Research Note: Effect of soybeans varying in trypsin inhibitor content on performance of laying hens. *Poultry Sci.* 70: 2210-2213.

จลศาสตร์ของเชื้อบริสุทธิ์แลคติกแอซิดแบคทีเรีย
สำหรับการผลิตแหนม

ไพโรจน์ วิริยจารี¹, ลักขณา รุจนะไกรกานต์¹,
วิวรรณ วรรณจรรย์¹ และ สุทธยา บุญอนันต์¹

KINETIC OF LACTIC ACID BACTERIA
FOR NHAM PRODUCTION

Pairote Wiriyaicharee¹, Lakkana Rujanakraikarn¹,
Wiwat Wattanatchariya¹ and Suthaya Boonthanom¹

ABSTRACT : Glucose is a substrate for the growth of lactic acid bacteria. In the study of kinetics of those cultures in the model system, the glucose was varied to different levels such as 0.2 %, 0.5 %, 0.75 %, 1.0 %, 1.5 % and 2.0 % for 24 hours of fermentation time. It was found that the specific growth rate (μ) of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus cerevisiae* was dependent upon the initial substrate. Additionally, the maximum specific growth rate (μ_m) was 0.4525 hr⁻¹ for *L. plantarum* and 0.3340 hr⁻¹ for *P. cerevisiae*. On the other hand, the saturation constants (K_s) were 0.1165 % and 0.3442 % for *L. plantarum* and *P. cerevisiae* respectively. In fact that, glucose should be minimum 0.1165 % for the growth of *L. plantarum* and should be minimum 0.3442 % for the growth of *P. cerevisiae*. Because the growth of both cultures are associated fermentation. The product which was lactic acid, therefore, depended upon the growth of those cultures.

¹ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200.

¹ Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ : สารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลกติกอย่างหนึ่ง คือ กลูโคส ได้นำมาใช้เป็นปัจจัยของการศึกษาจลศาสตร์ของเชื้อใน Model system โดยแปรที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 และ 2.0 ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าเชื้อ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* มีค่า Specific growth rate (μ) แปรผันตามค่าความเข้มข้นของสารอาหารเริ่มต้น และค่า maximum specific growth rate (μ_m) มีค่าเป็น 0.4525 ชั่วโมง⁻¹ และ 0.3340 ชั่วโมง⁻¹ ตามลำดับ ส่วนค่า Saturation constants (K_s) มีค่า ร้อยละ 0.1165 และ 0.3442 นั่นคือเชื้อ *L. plantarum* ต้องการกลูโคสในการเจริญเติบโตอย่างน้อยที่สุด ร้อยละ 0.1165 ส่วนเชื้อ *P. cerevisiae* จะต้องการกลูโคสในการเจริญเติบโตอย่างน้อยที่สุด ร้อยละ 0.3442 และเนื่องจากการเจริญเติบโตของเชื้อทั้งสองเป็นแบบ Growth associated fermentation ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้น (กรดแลกติก) จึงขึ้นอยู่กับ การเจริญของเซลล์จุลินทรีย์.

คำนำ

การใช้เชื้อบิวรีเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์เนื้อ เริ่มขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา และในปัจจุบันแบบที่ประสบความสำเร็จในการใช้เป็นเชื้อบิวรีเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์เนื้อ ได้แก่ *Lactobacillus* sp. (Nurmi, 1966; Everson *et al.*, 1970; Bacus, 1984; Gilliland, 1985 และ Gibbs, 1987) *Pediococcus* sp. (Deibel and Niven, 1957; Bacus and Brown, 1981; Bacus, 1984; Gilliland, 1985 และ Gibbs, 1987) และ *Micrococcus* sp. (Niinivaara, 1955; Nurmi, 1966 และ Coretti, 1977) โดย lactobacilli และ pediococci ใช้สำหรับผลิตกรดในผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ micrococci ใช้สำหรับรีดิวส์ไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ เพื่อให้เกิดสีแดงในผลิตภัณฑ์.

สำหรับในประเทศไทย เทคโนโลยีการใช้เชื้อบิวรีเริ่มต้นได้เข้ามามีบทบาทต่อการผลิตอาหารหมักดอง โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์แฮม ทั้งนี้เพราะการหมักแฮมโดยทั่วไปอาศัยการหมักตามธรรมชาติ ซึ่งขึ้นกับฤดูกาลที่ทำการผลิตรวมถึงเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดในธรรมชาติที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ ทำให้เกิดการแข่งขันในการเจริญเติบโต และเชื้อที่จำเป็นในการหมักมีการเจริญเติบโตไม่เต็มที่เท่าที่ควร เป็นผลให้แฮมที่ได้มีความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค เนื่องจากส่วนมากนิยมรับประทานในลักษณะดิบ นอกจากนี้การผลิตในแต่ละครั้งมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ คุณภาพและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์มีความผันแปรค่อนข้างมาก และไม่สามารถควบคุมเวลาที่ใช้ในการผลิตได้ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว H-Kittikun และคณะ (1988) ได้ใช้เชื้อ *L. plantarum* 50408, 51006, 60412 และ 61004 ซึ่งแยกได้จากแฮมตัวอย่างในท้องตลาดเป็นเชื้อบิวรีเริ่มต้นในการผลิตแฮม พบว่า ที่เวลาเริ่มต้นการหมักเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และแลคติกแอซิคแบคทีเรียในแฮมที่เติมเชื้อบิวรีเริ่มต้น มีปริมาณสูงกว่าแฮมที่หมักตามธรรมชาติมากกว่า 1 Log cycle ส่วนแฮมที่หมักตามธรรมชาติมีปริมาณ *Escherichia coli* อยู่สูง และตรวจพบ *Salmonella* sp. ในช่วงเริ่มต้นการหมัก ในขณะที่แฮมที่เติมเชื้อบิวรีเริ่มต้นมีปริมาณ *E. coli* ต่ำกว่ามาก

และตรวจไม่พบ *Salmonella* sp. แต่จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแหนมที่ใช้เชื้อบิสุทธิเริ่มต้นนี้ยังไม่แตกต่างจากแหนมที่หมักตามธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านเนื้อสัมผัสและสี อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการทดลองต่อไป เนื่องจากมีปัจจัยต่าง ๆ มากมายที่อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของแหนม ผลจากการทดลองนี้ทำให้มีงานวิจัยต่อเนื่อง โดยใช้เชื้อบิสุทธิเริ่มต้นจากเชื้อหลาย ๆ ชนิด แทนการใช้เชื้อบิสุทธิเริ่มต้นเพียงชนิดเดียวในการหมักแหนม แนวความคิดดังกล่าวเริ่มจากการศึกษาของ Everson และคณะ (1974) ที่พบว่า เชื้อ *L. plantarum* ที่ใช้ในการผลิตได้กรอกหมักแห้ง และทั้งหมักนั้นมีช่วงอุณหภูมิในการเจริญเติบโตและผลิตกรดแลคติกได้เฉพาะช่วงเริ่มต้นการหมักเท่านั้น ดังนั้นจึงคิดที่จะใช้ในรูปแบบเชื้อบิสุทธิเริ่มต้นผสม (Mixed starter cultures) ของ (*L. plantarum*) กับแลคติกแอซิคแบคทีเรียชนิดอื่น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีขึ้น.

เทคโนโลยีการใช้เชื้อบิสุทธิเริ่มต้นผสมในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักจึงเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ได้ประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์แหนม ซึ่ง Wriyacharee (1990) ได้ศึกษาทดลอง และคัดเลือกพันธุ์เชื้อแบคทีเรียที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าว โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) เพื่อให้เกิดรสชาติเปรี้ยวและกลิ่นรสเฉพาะของผลิตภัณฑ์ได้แก่ *Lactobacillus plantarum* (NHI 110) และ *Pediococcus cerevisiae* (NZDRI) และกลุ่มแบคทีเรียที่เปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ (Nitrate reducing bacteria) เพื่อให้เกิดสีชมพูแดงในผลิตภัณฑ์ คือ *Micrococcus varians* (ATCC 15306) โดยใช้เชื้อบิสุทธิเริ่มต้นผสมทั้ง 3 ชนิด ในการผลิตแหนม ซึ่งพบว่า สามารถปรับปรุงคุณภาพแหนมได้ โดยผลิตภัณฑ์มีการผลิตกรดที่ดี มีคุณภาพดีมากในแง่ลักษณะเนื้อสัมผัสและสี และผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยสูง อย่างไรก็ตามก่อนที่จะศึกษาต่อไปในด้านการรวมวิธีการผลิต ควรศึกษาเกี่ยวกับจุลศาสตร์ของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่ม เพื่อต้องการทราบถึงพฤติกรรมและการใช้สารอาหาร และการสร้างผลิตภัณฑ์ของเชื้อดังกล่าว ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นพื้นฐานในการศึกษาและพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ต่อไป.

สำหรับในการศึกษานี้ มุ่งเน้นถึงจุลศาสตร์ของเชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก ซึ่งมี 2 สปีชีส์ คือ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* ซึ่งสามารถเจริญได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อ De man, Rogosa and Sharpe (MRS) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ในการเจริญเพื่อให้มีกิจกรรมสูงสุด ทั้งนี้จะศึกษาถึงอัตราการใช้สารอาหาร (กลูโคส) ระดับต่างๆ ที่มีในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Specific substrate uptake rate; q_s) อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดโดยวัดในรูปน้ำหนักแห้งของเซลล์ (Maximum specific growth rate; μ_m) ตลอดจนอัตราการสร้างผลิตภัณฑ์ (Specific product rate; q_p) ซึ่งในที่นี้คือ กรดแลคติกที่มีผลให้ค่าความเป็นกรดค่า (pH) ของระบบลดลงได้ โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นแนวทางในการศึกษาถึงชนิดและปริมาณส่วนผสมต่าง ๆ ที่เป็นแหล่งอาหารสำคัญของเชื้อแบคทีเรียในการเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกเพื่อให้ได้ pH ของผลิตภัณฑ์แหนมตามต้องการ.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

เนื่องจากจุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* สามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS แต่ในการทดลองนี้ต้องการศึกษาจุลศาสตร์การใช้น้ำตาลกลูโคสในการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสไปเป็นกรดแลกติกของเชื้อนี้ จึงเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อขึ้นใหม่โดยไม่มีน้ำตาลกลูโคสเป็นส่วนผสมตามสูตรข้างล่างก่อน แล้วจึงเติมสารละลายกลูโคสทีหลังเพื่อเป็นปัจจัยในการศึกษาที่ใช้ไปของกลูโคสโดยเชื้อแลกคิกแอซิกแบคทีเรียดังกล่าว.

อาหารเลี้ยงเชื้อ :

Water	100
	% of water
Yeast extract	0.5
Tween 80	0.1
Dipotassium phosphate	0.2
Sodium acetate	0.5
Diammonium citrate	0.2
Magnesium sulfate . 7 H ₂ O	0.02
Manganese sulfate . 4 H ₂ O	0.005
Peptone	1.0
Beef extract	1.0

สารละลายกลูโคส :

Water	100
Glucose	20% of water

นำอาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายกลูโคสมาเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทั้งให้เย็น แล้วเติมสารละลายกลูโคสลงในอาหารเลี้ยงเชื้อให้มีปริมาณกลูโคสระดับต่าง ๆ ดังนี้ :

1. ใช้ปริมาณกลูโคสร้อยละ 0.2 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ
2. ใช้ปริมาณกลูโคสร้อยละ 0.5 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ
3. ใช้ปริมาณกลูโคสร้อยละ 0.75 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ
4. ใช้ปริมาณกลูโคสร้อยละ 1.0 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ
5. ใช้ปริมาณกลูโคสร้อยละ 1.5 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ
6. ใช้ปริมาณกลูโคสร้อยละ 2.0 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ.

การเตรียมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

L. plantarum ถูกเตรียมขึ้นเป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS จำนวน 100 มิลลิลิตรโดยบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นแยกเซลล์ด้วยความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที และล้างเซลล์ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ที่ไม่มีกลูโคส 2 ครั้ง ปั่นแยกเซลล์อีกครั้งหนึ่งและเติมอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ที่ไม่มีกลูโคสในปริมาณเท่ากับปริมาณเริ่มต้น เขย่าให้เข้ากัน จะได้เชื้อบริสุทธิ์ตามต้องการ (การเตรียมในขั้นนี้อาศัยเทคนิคปลอดเชื้อทั้งสิ้น) ส่วน *P. cerevisiae* ก็อาศัยการเตรียมวิธีเช่นเดียวกัน.

วิธีการทดลอง

ปีเปตเชื้อ *L. plantarum* หรือ *P. cerevisiae* บริสุทธิ์ที่เตรียมได้ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อในปริมาณร้อยละ 5 เขย่าให้เข้ากัน บ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และนำมาผสมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาหน้าหนักของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่เจริญเติบโต ปริมาณน้ำตาล กลูโคสที่เหลือ ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกและค่าความเป็นกรดค้างเมื่อเวลาผ่านไป 0, 3, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ.

วิธีการหาน้ำหนักเซลล์แห้งของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

การเตรียมกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) กับน้ำหนักแห้ง (Dry weight) ของเซลล์ : ปีเปตเชื้อ *L. plantarum* หรือ *P. cerevisiae* บริสุทธิ์ที่เตรียมได้ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปในปริมาณร้อยละ 5 เขย่าให้เข้ากัน เก็บบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และนำมาผสมตัวอย่างเพื่อนำไปวัดการเจริญเติบโตของเชื้อในรูปของความขุ่น ซึ่งได้เป็นค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) โดยใช้เครื่อง Bausch and Lomb Spectronic 21 spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ทั้งนี้ ตัวอย่างดังกล่าว 1 มิลลิลิตร จะถูกเจือจางด้วยน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร ก่อนนำไปวัด จากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวมาปั่นแยกเซลล์ที่ 2,000 รอบต่อนาที รินอาหารส่วนบนออก นำตะกอนที่ได้ไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

อย่างน้อย 3 ชั่วโมงจนน้ำหนักตะกอนคงที่ สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับน้ำหนักแห้งของเซลล์ โดยให้น้ำหนักแห้งของเซลล์เป็นแกนนอนจะได้กราฟมาตรฐานที่ใช้เทียบหาน้ำหนักแห้งของเซลล์ได้.

การวิเคราะห์ทางเคมี

การทดลองทั้ง 6 กลุ่มจะถูกสุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์ทางเคมี คือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติก (Total acidity as lactic acid) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugars) ตามวิธีของ AOAC (1984), Miller (1959), Pearson (1976), Wiriyaacharee (1990) และ วิริยารักษ์ กับ หันพงศ์กิตติกุล (2533, 2535) และวัดค่าการเจริญเติบโตของเชื้อโดยการวัดความขุ่นในรูปของค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร (Pirt, 1975).

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองศึกษาการเจริญเติบโตของ *L. plantarum* ในรูปของน้ำหนักแห้งที่ระดับความเข้มข้นน้ำตาลต่างกันในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Model system) พบว่าการเจริญเติบโตจะเริ่มคงที่หลังเวลาผ่านไปประมาณ 6 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นกลูโคสร้อยละ 0.75 และต่ำกว่า ส่วนที่ระดับสูงกว่านั้นจะเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 18 ชั่วโมง และพบว่าเชื้อ *L. plantarum* สามารถเจริญเติบโตได้มากขึ้นถ้าในระบบมีปริมาณสารอาหาร ซึ่งในที่นี้คือกลูโคส ในระดับที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบที่เวลาเดียวกัน (ภาพที่ 1) ทำนองเดียวกับค่าความเป็นกรดทั้งหมดเมื่อคิดเทียบกรดแลคติกซึ่งจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นถ้าระดับของกลูโคสมากขึ้นเช่นกัน (ภาพที่ 2) และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) จะเป็นไปในทางตรงกันข้ามกับปริมาณกรดทั้งหมด (ภาพที่ 3) โดยที่ความเข้มข้นกลูโคสร้อยละ 2.0 สามารถลดค่า pH ลงได้ถึง 3.7 ในเวลาเพียง 24 ชั่วโมงเท่านั้น ซึ่งจะลดลงรวดเร็วมากในช่วง 6 ชั่วโมงแรก จาก 6.6 เป็น 5.1-4.4 สำหรับรูปแบบการหมักโดยเชื้อ *L. plantarum* จัดอยู่ในรูปแบบ Growth associated fermentation ซึ่งหมายถึงการหมักที่มีอัตราการสร้างผลิตภัณฑ์ (กรดแลคติก) เป็นปฏิภาคโดยตรงกับการเจริญของเซลล์ขึ้นทันที.

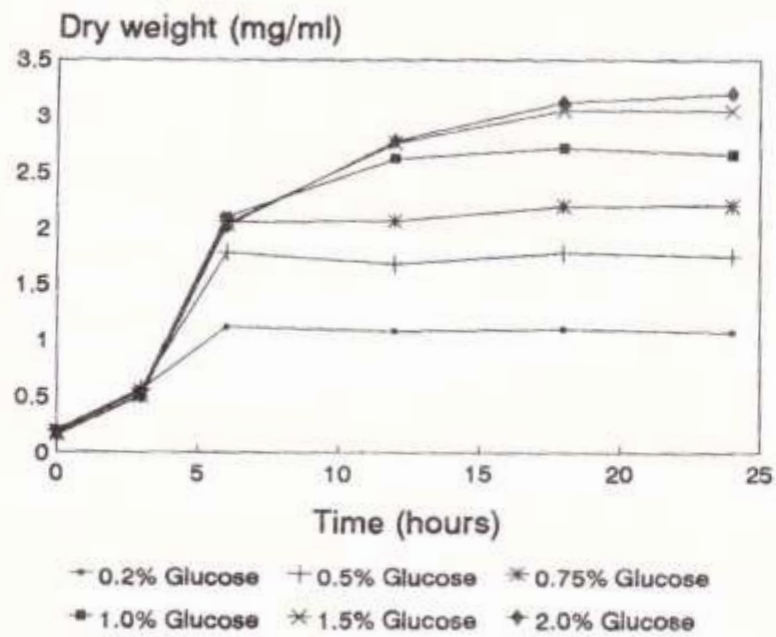


Figure 1. The growth of *L. plantarum* in term of dry weight (mg/ml) during 24 hours in model system (6 levels of glucose as main factors).

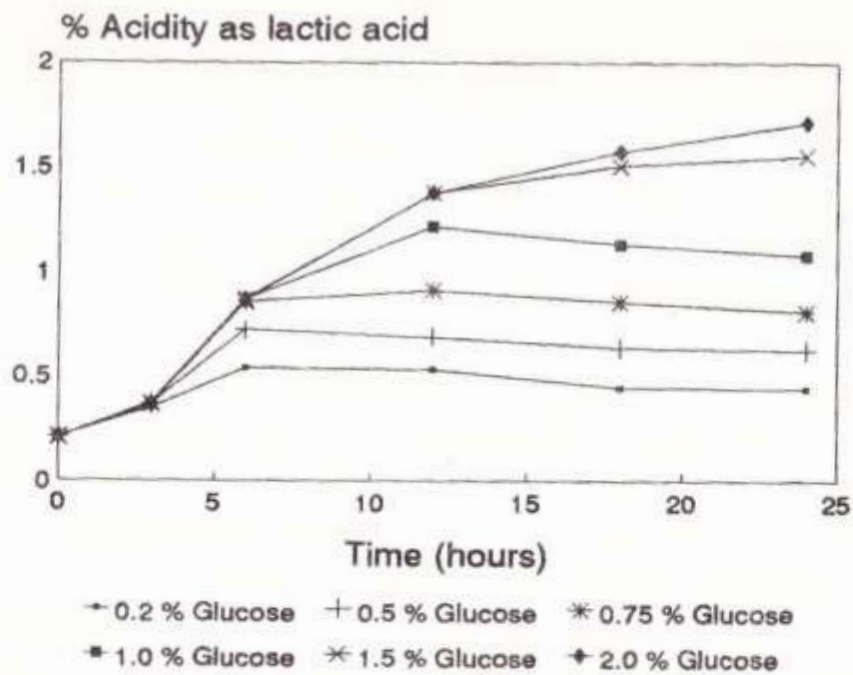


Figure 2. Total acidity as lactic acid (%) changes during 24 hours in model system of *L. plantarum* fermentation (6 levels of glucose as main factors).

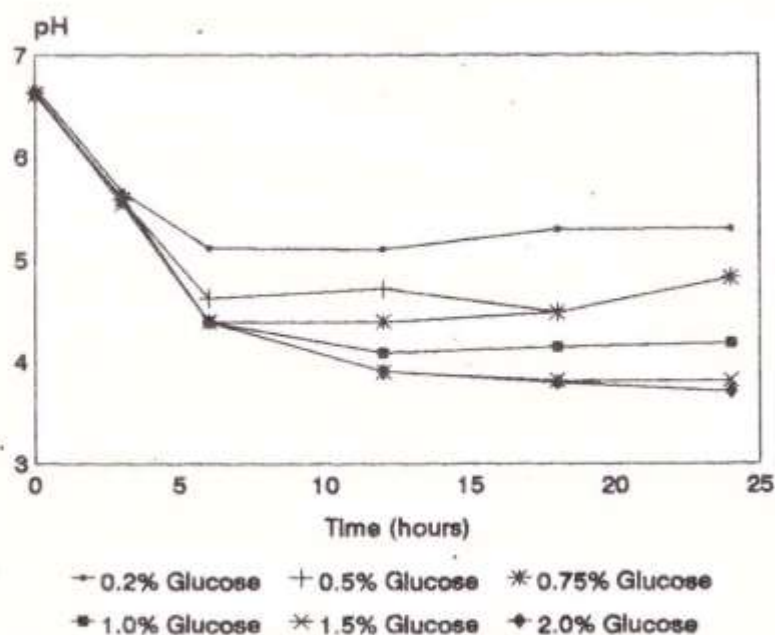


Figure 3. pH changes during 24 hours in model system of *L. plantarum* fermentation (6 levels of glucose as main factors).

เมื่อพิจารณาการใช้สารอาหาร (กลูโคส) ของเชื้อ *L. plantarum* พบว่าที่ระดับความเข้มข้นกลูโคสร้อยละ 0.2-1.0 นั้น เชื้อ *L. plantarum* สามารถใช้สารอาหารได้เกือบหมดภายในเวลา 12 ชั่วโมงแรกของการหมัก (ภาพที่ 4) เมื่อพิจารณาถึงกราฟการเจริญเติบโตของเชื้อดังกล่าวพบว่าจะเริ่มเข้าสู่ระยะ Stationary phase เนื่องจากข้อจำกัดของสารอาหารดังกล่าวทำให้อัตราการเจริญเติบโตเริ่มเท่ากับอัตราการตายของเซลล์ นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ที่เชื้อสร้างขึ้น เช่น กรดแลกติก เมื่อสะสมในปริมาณมากขึ้นจะมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. plantarum* เองได้ และจากการคำนวณในระยะ Exponential phase พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของกลูโคสต่างๆ จะมีค่า Specific growth rate (μ) แตกต่างกันไปคือ มีค่าเป็น 0.285, 0.369, 0.401, 0.399, 0.418 และ 0.425 ชั่วโมง⁻¹ ที่ความเข้มข้นกลูโคสร้อยละ 0.2, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 และ 2.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 5) แสดงให้เห็นว่ายิ่งความเข้มข้นของสารอาหารเริ่มต้นมาก ค่า μ ก็จะมากขึ้นด้วย และจากการสังเกตค่า Doubling time ซึ่งเป็นเวลาที่เชื้อใช้ในการเพิ่มจำนวนเซลล์เป็น 2 เท่า พบว่ามีค่า 2.432, 1.879, 1.730, 1.736, 1.657 และ 1.632 ชั่วโมงตามลำดับ นั่นคือ ความเข้มข้นของสารอาหารเริ่มต้นมาก มีผลให้เชื้อ *L. plantarum* เจริญเติบโตได้เร็วขึ้นด้วย.

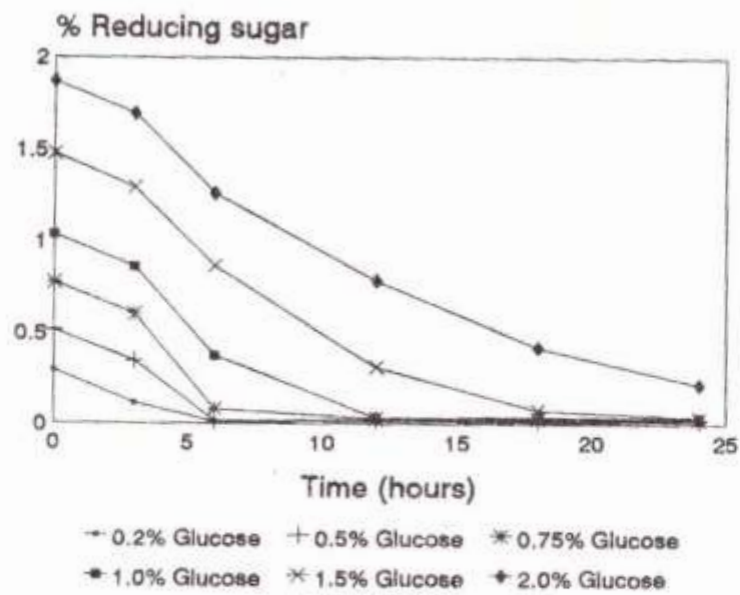


Figure 4. Reducing sugar changes during 24 hours in model system of *L. plantarum* fermentation (6 levels of glucose as main factors).

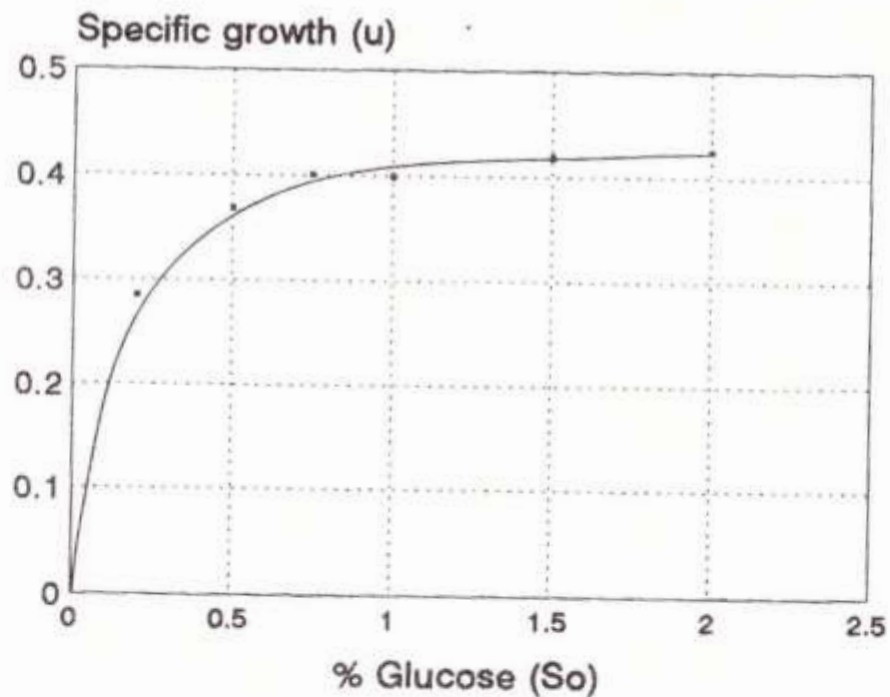


Figure 5. Specific growth rate (μ) of *L. plantarum* in model system.

ผลการทดลองดังกล่าว (ภาพที่ ๕) สอดคล้องกับสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า μ กับค่าความเข้มข้นของสารอาหารเริ่มต้น (S_0) ในการศึกษาการเจริญของแบคทีเรียในระบบการหมักโดย J.Monod ที่พบว่าค่า μ จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสารอาหารอย่างใดอย่างหนึ่งที่จำเป็นและมีอยู่จำกัดในสูตรอาหารดังนี้ (วิริยจารี, 2535).

$$\mu = \mu_m \cdot \frac{S_0}{K_s + S_0}$$

แต่เพื่อให้สะดวกต่อการคำนวณหาค่า Maximum specific growth rate (μ_m) และค่า Saturation constant (K_s) จึงเปลี่ยนสมการดังกล่าวให้อยู่ในรูปสมการเชิงเส้นตรงดังนี้ (ภาพที่ 6).

$$\begin{aligned} 1/\mu &= (K_s/\mu_m) \cdot 1/S_0 + 1/\mu_m \\ \text{intercept} &= 1/\mu_m \\ \text{slope} &= K_s/\mu_m \end{aligned}$$

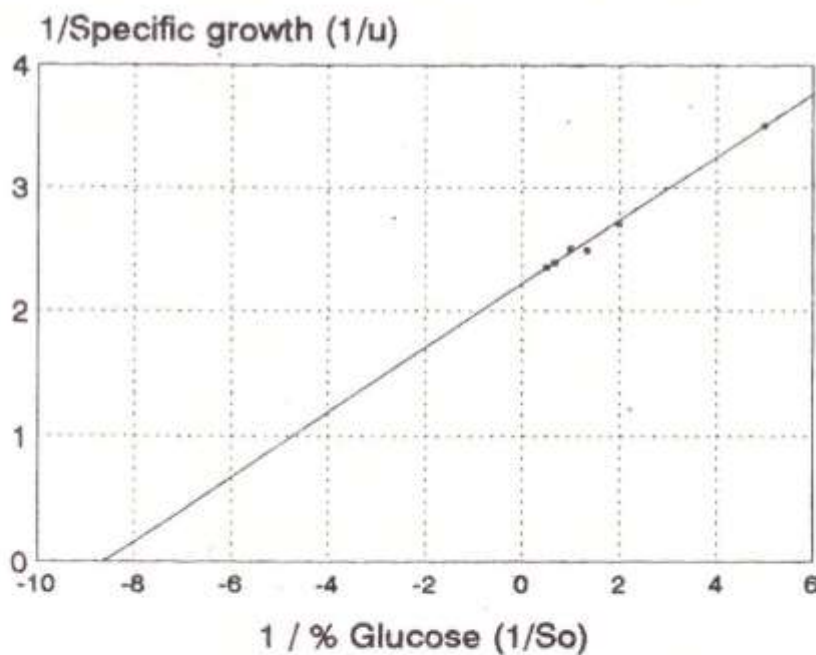


Figure 6. Maximum specific growth rate (μ_m) and saturation constant (K_s) of *L. plantarum* in model system.

จากกราฟในภาพที่ 6 พบว่าค่า Maximum specific growth rate (μ_m) มีค่าเป็น 0.4525 ชั่วโมง⁻¹ และ Saturation constant (K_s) มีค่าร้อยละ 0.1165 ซึ่งหมายความว่าเชื้อ *L. plantarum* ต้องการปริมาณกลูโคสเท่ากับร้อยละ 0.1165 เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตได้ครึ่งหนึ่งของ Exponential phase ของเชื้อดังกล่าว ซึ่งถ้าปริมาณกลูโคสน้อยกว่านี้ การเจริญเติบโตหรือผลิตรกแลคติกโดยเชื้อดังกล่าวจะเป็นไปโดยไม่สมบูรณ์ ดังนั้นในระบบที่ต้องการให้มีการสร้างกรดแลคติกจากเชื้อ *L. plantarum* จะต้องมีปริมาณสารอาหารคือกลูโคสอย่างน้อยร้อยละ 0.1165 สำหรับค่า Specific substrate uptake rate (qs) หรืออัตราการใช้ปริมาณกลูโคสของเชื้อ ซึ่งหมายถึงปริมาณกลูโคส ที่เชื้อ *L. plantarum* จำนวน 1 มิลลิกรัมใช้ไปในเวลา 1 ชั่วโมง พบว่ามีค่ามากที่สุดโดยเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3 ของทุก ๆ ความเข้มข้น และที่ความเข้มข้นมากจะมีอัตราการใช้มากด้วย (ตารางที่ 1) ส่วนค่า Specific product rate (qp) หรืออัตราการสร้างผลิตภัณฑ์ในที่นี้คือกรดแลคติกของเชื้อ *L. plantarum* ซึ่งหมายถึงปริมาณกรดแลคติกที่เชื้อ *L. plantarum* จำนวน 1 มิลลิกรัม สร้างขึ้นในเวลา 1 ชั่วโมง พบว่ามีค่าสูงในช่วงแรกของการหมัก จากนั้นจะลดลงในชั่วโมงที่ 6 ของการหมักและจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในชั่วโมงที่ 12 และทำนองเดียวกันถ้าที่ความเข้มข้นกลูโคสมากจะมีอัตราการสร้างผลิตภัณฑ์มากด้วยเช่นกัน (ตารางที่ 1).

Table 1. Specific substrate uptake rate (qs) and specific product rate (qp) of *L. plantarum* during 24 hours.

% Glucose	Time (hr)									
	3		6		12		18		24	
	qs	qp	qs	qp	qs	qp	qs	qp	qs	qp
0.20	-0.70	0.11	-0.06	0.10	-0.06	0.11	-0.06	0.08	-0.06	0.08
0.50	-0.14	0.15	-0.11	0.12	-0.12	0.12	-0.11	0.10	-0.11	0.10
0.75	-0.16	0.17	-0.14	0.14	-0.15	0.15	-0.14	0.13	-0.14	0.12
1.00	-0.15	0.18	-0.13	0.14	-0.16	0.17	-0.15	0.15	-0.16	0.14
1.50	-0.25	0.19	-0.14	0.15	-0.19	0.19	-0.21	0.19	-0.21	0.20
2.00	-0.36	0.19	-0.17	0.15	-0.20	0.19	-0.22	0.20	-0.25	0.21

- Note :
1. $q_s = -u/Y_{xs}$ (% glucose / mg cells / hr)
 2. $q_p = Y_{px} \cdot u$ (% acidity / mg cells / hr)
- Y_{xs} = Cell yield (mg cells / % glucose)
 $= (X - X_0) / (S_0 - S)$
- Y_{px} = Product yield (% acidity / mg cells)
 $= (P - P_0) / (X - X_0)$

สำหรับการเจริญเติบโตของ *P. cerevisiae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Model system) พบว่าเชื้อจะเข้าสู่ช่วง Exponential phase ในเวลาประมาณ 6-12 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะเข้าสู่ Stationary phase ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าที่ความเข้มข้นกลูโคสต่ำ เชื้อจะเข้าสู่ Stationary phase ได้เร็วกว่าที่ความเข้มข้นกลูโคสสูง (ภาพที่ 7) ทำนองเดียวกับค่าความเป็นกรดทั้งหมดเมื่อคิดเทียบกรดแลคติก ซึ่งจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นถ้าระดับของกลูโคสมากขึ้นเช่นกัน (ภาพที่ 8) และค่าความเป็นกรดต่าง (pH) จะเป็นไปในทางตรงกันข้ามกับปริมาณกรดทั้งหมด (ภาพที่ 9) กล่าวคือที่ความเข้มข้นกลูโคสสูงสามารถลดค่า pH ลงได้ถึง 4.0 จาก pH เริ่มต้น 6.7 ใน 12 ชั่วโมงแรกและพบว่ารูปแบบการหมักของเชื้อ *P. cerevisiae* จัดอยู่ในรูปแบบ Growth associated fermentation เช่นเดียวกับการหมักของ *L. plantarum*

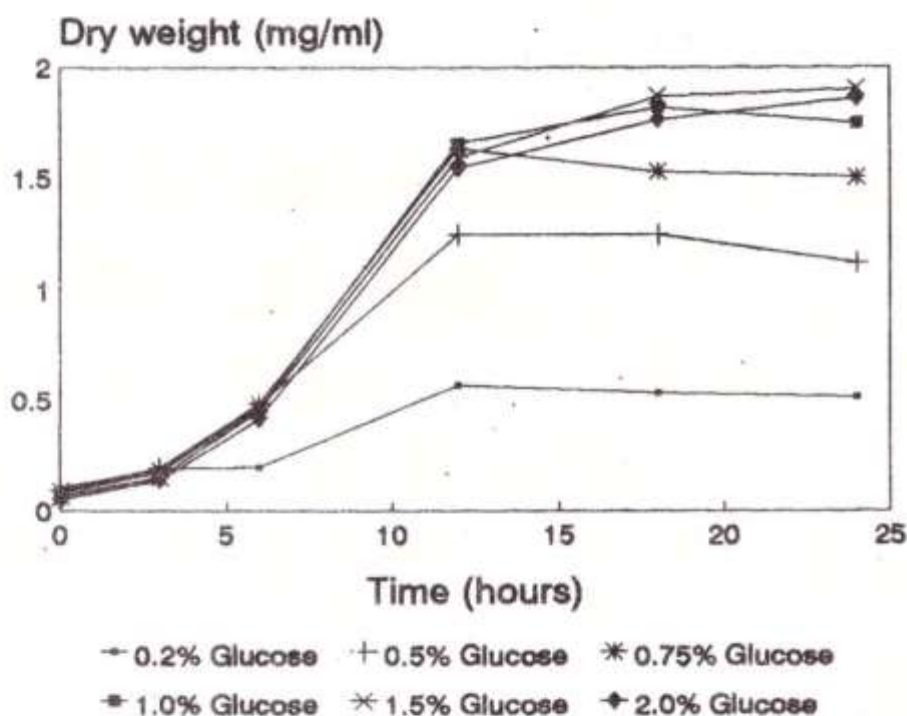


Figure 7. The growth of *P. cerevisiae* in term of dry weight (mg/ml) during 24 hours in model system (6 levels of glucose as main factors).

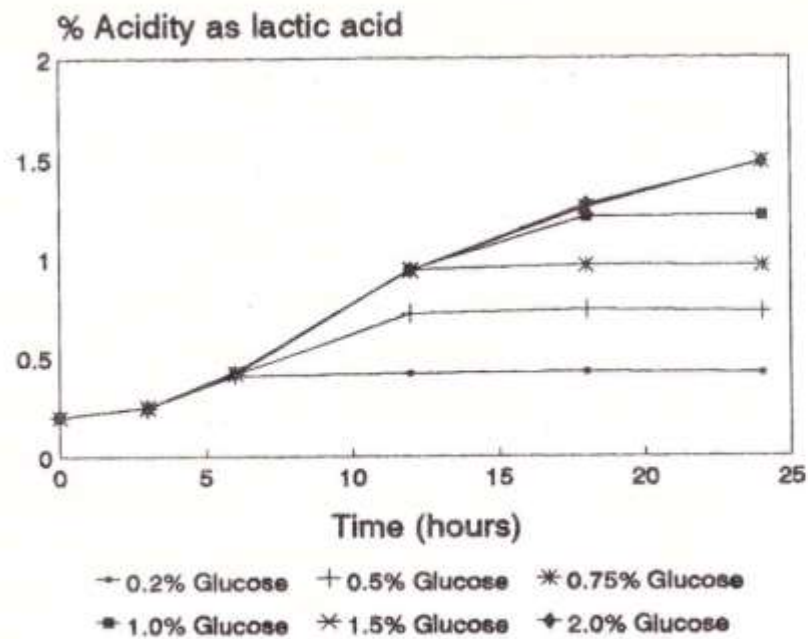


Figure 8. Total acidity as lactic acid (%) changes during 24 hours in model system of *P. cerevisiae* fermentation (6 levels of glucose as main factors).

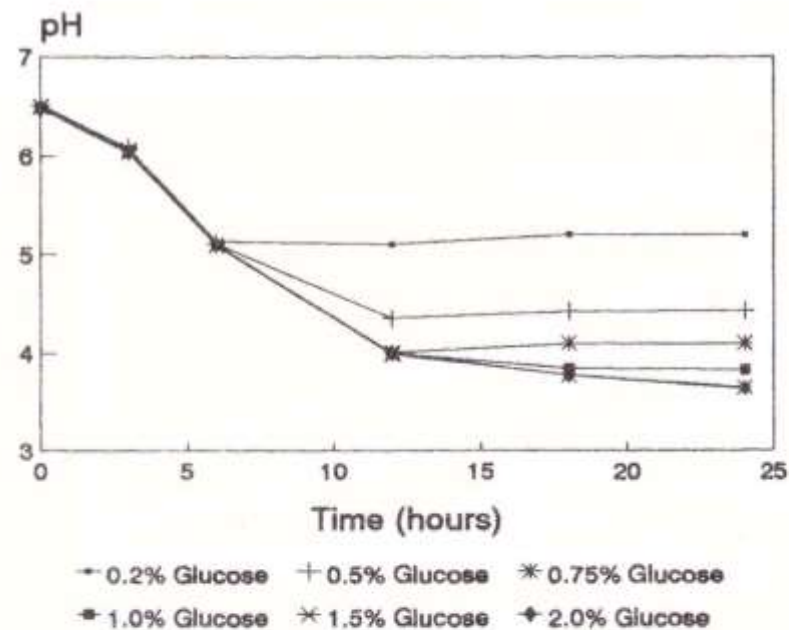


Figure 9. pH changes during 24 hours in model system of *P. cerevisiae* fermentation (6 levels of glucose as main factors).

เมื่อพิจารณาการใช้สารอาหาร (กลูโคส) ของเชื้อ *P. cerevisiae* พบว่าที่ระดับความเข้มข้นกลูโคสร้อยละ 0.2-1.0 นั้น เชื้อ *P. cerevisiae* สามารถใช้สารอาหารได้เกือบหมดภายในเวลา 18 ชั่วโมงแรกของการหมัก (ภาพที่ 10) และเมื่อพิจารณาถึงกราฟการเจริญเติบโตของเชื้อดังกล่าว พบว่าจะเริ่มเข้าสู่ระยะ Stationary phase เนื่องจากข้อจำกัดของสารอาหารดังกล่าวทำให้อัตราการเจริญเติบโตเริ่มเท่ากับอัตราการตายของเซลล์ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่เชื้อสร้างขึ้น เช่น กรดแลกติก เมื่อสะสมในปริมาณมากขึ้นจะยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. cerevisiae* เองได้ และจากการคำนวณในระยะ Exponential phase พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของกลูโคสต่าง ๆ จะมีค่า Specific growth rate (μ) แตกต่างกันไปคือ มีค่าเป็น 0.144, 0.215, 0.245, 0.253, 0.269 และ 0.285 ชั่วโมง⁻¹ มีความเข้มข้นกลูโคสร้อยละ 0.2, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 และ 2.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 11) แสดงให้เห็นว่าค่า μ จะแปรผันโดยตรงกับค่าความเข้มข้นของสารอาหารเริ่มต้นที่มีในสูตรอาหาร และพบว่าเชื้อ *P. cerevisiae* มีค่า μ ต่ำกว่าของเชื้อ *L. plantarum* และจากการสังเกตค่า Doubling time ซึ่งเป็นเวลาที่เชื้อใช้ในการเพิ่มจำนวนเซลล์เป็น 2 เท่า พบว่ามีค่า 4.826, 3.226, 2.826, 2.745, 2.573 และ 2.429 ชั่วโมงตามลำดับ หมายความว่าความเข้มข้นของสารอาหารเริ่มต้นมาก ผลิตให้เชื้อ *P. cerevisiae* เจริญเติบโตได้เร็วขึ้นด้วย.

อย่างไรก็ตามผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ J. Monod เกี่ยวกับการเจริญของแบคทีเรียในระบบการหมักจึงสามารถคำนวณหาค่า Maximum specific growth rate (μ_m) และค่า Saturation constant (K_s) ได้ (วิริยจรัส, 2535) ดังกราฟภาพที่ 12.

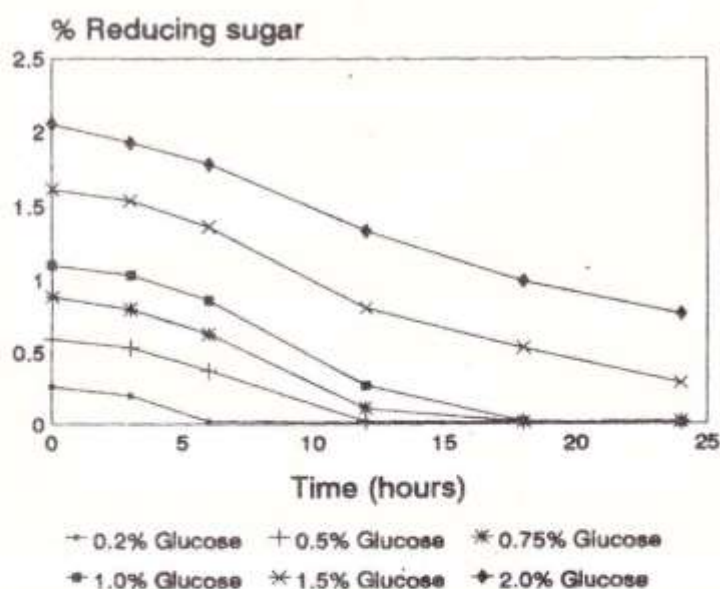


Figure 10. Reducing sugar changes during 24 hours in model system of *P. cerevisiae* fermentation (6 levels of glucose as main factors).

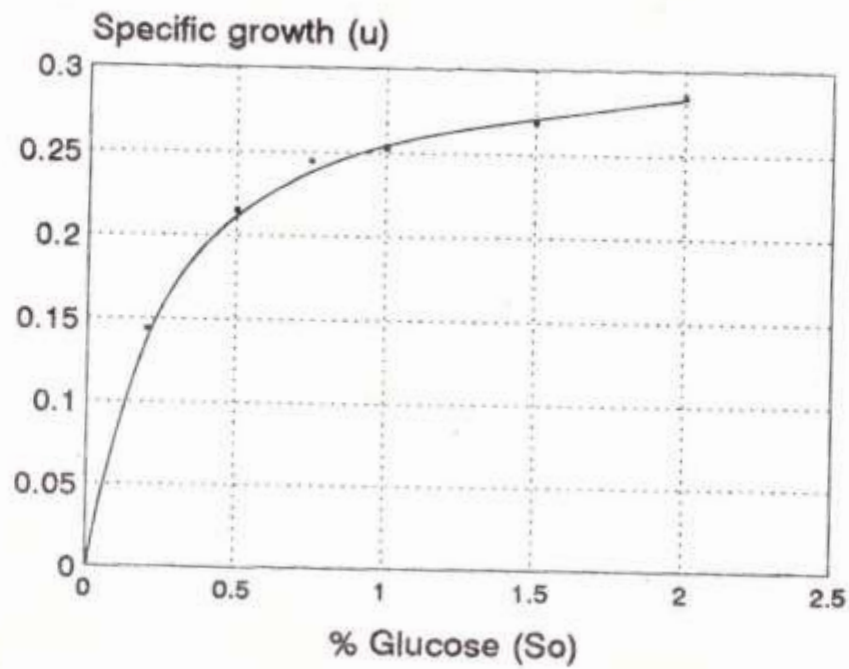


Figure 11. Specific growth rate (u) of *P. cerevisiae* in model system.

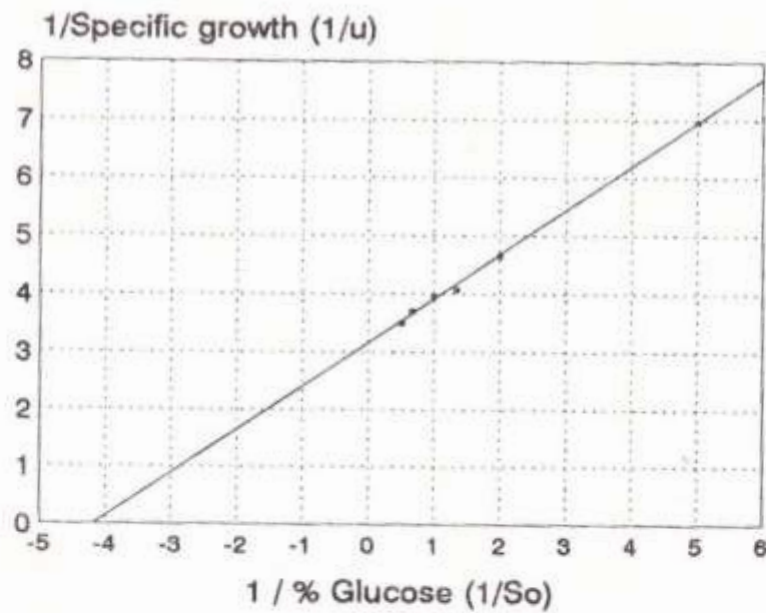


Figure 12. Maximum specific growth rate (u_m) and saturation constant (K_s) of *P. cerevisiae* in model system.

จากกราฟภาพที่ 12 พบว่าค่า Maximum specific growth rate (μ_m) มีค่าเป็น 0.3340 ชั่วโมง⁻¹ และ Saturation constant (K_s) มีค่าร้อยละ 0.3422 ซึ่งหมายความว่าเชื้อ *P. cerevisiae* ต้องการปริมาณกลูโคสเท่ากับร้อยละ 0.3442 เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตไปได้ครึ่งหนึ่งของ Exponential phase ของเชื้อดังกล่าว ซึ่งถ้าปริมาณกลูโคสน้อยกว่านี้การเจริญเติบโตหรือผลิตรกรดแลคติกโดยเชื้อดังกล่าวจะเป็นไปได้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นในระบบที่ต้องการให้มีการสร้างกรดแลคติกจากเชื้อ *P. cerevisiae* จะต้องมีความเข้มข้นสารอาหารคือกลูโคสอย่างน้อยร้อยละ 0.3442 สำหรับค่า Specific substrate uptake rate (q_s) หรืออัตราการใช้ปริมาณกลูโคสของเชื้อ *P. cerevisiae* พบว่ามีค่ามากที่สุดในช่วงเวลาที่ 3 ของทุก ๆ ความเข้มข้น จากนั้นจะลดลงและจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงเวลาที่ 18 (ตารางที่ 2) ส่วนค่า Specific product rate (q_p) ซึ่งหมายถึงอัตราการสร้างผลิตภัณฑ์ ในที่นี้คือกรดแลคติกของเชื้อ *P. cerevisiae* พบว่ามีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วงแรกของการหมัก แต่จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในเวลากการหมักที่ 24 ชั่วโมง นอกจากนี้พบว่าถ้าในระบบการหมักมีความเข้มข้นกลูโคสเริ่มต้นมากก็จะมีอัตราการสร้างผลิตภัณฑ์มากด้วยเช่นกัน (ตารางที่ 2).

Table 2. Specific substrate uptake rate (q_s) and specific product rate (q_p) of *P. cerevisiae* during 24 hours.

% Glucose	Time (hr)									
	3		6		12		18		24	
	q_s	q_p	q_s	q_p	q_s	q_p	q_s	q_p	q_s	q_p
0.20	-0.15	0.11	-0.09	0.08	-0.08	0.07	-0.09	0.08	-0.09	0.08
0.50	-0.14	0.11	-0.12	0.12	-0.11	0.10	-0.11	0.10	-0.12	0.11
0.75	-0.22	0.12	-0.16	0.14	-0.12	0.12	-0.15	0.13	-0.15	0.13
1.00	-0.19	0.14	-0.16	0.15	-0.13	0.12	-0.16	0.15	-0.17	0.15
1.50	-0.26	0.17	-0.18	0.16	-0.14	0.13	-0.16	0.16	-0.20	0.19
2.00	-0.44	0.18	-0.21	0.18	-0.14	0.14	-0.18	0.18	-0.20	0.20

Note : 1. $q_s = -u/Y_{su}$ (% glucose / mg cells / hr)
 2. $q_p = Y_{px} \cdot u$ (% acidity / mg cells / hr)
 Y_{su} = Cell yield (mg cells / % glucose)
 $= (X - X_0) / (S_0 - S)$
 Y_{px} = Product yield (% acidity / mg cells)
 $= (P - P_0) / (X - X_0)$

สรุปผลการทดลอง

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่าปริมาณสารอาหารเริ่มต้น (กลูโคส) มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการสร้างผลิตภัณฑ์ (กรดแลกติก) ของ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* กล่าวคือ ถ้าปริมาณสารอาหารเริ่มต้นมากเชื้อทั้งสองสามารถเจริญเติบโตได้เร็ว และสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ได้มาก ซึ่งพบว่า เชื้อ *L. plantarum* มีค่า Maximum specific growth rate (μ_m) เป็น 0.4525 ชั่วโมง⁻¹ ขณะที่เชื้อ *P. cerevisiae* มีค่าดังกล่าวเป็น 0.3340 ชั่วโมง⁻¹ นั่นคือ เชื้อ *L. plantarum* สามารถเจริญเติบโตได้มากกว่าในเวลาเท่ากัน ส่วนค่า Saturation constant (K_s) พบว่ามีค่าร้อยละ 0.1165 และ 0.3442 ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่า เชื้อ *L. plantarum* ต้องการกลูโคสในการเจริญเติบโตน้อยกว่าเชื้อ *P. cerevisiae* สำหรับค่า Specific substrate uptake rate (qs) และค่า Specific product rate (qp) พบว่า *P. cerevisiae* มีอัตราการใช้กลูโคสมากกว่า *L. plantarum* ที่เวลาและความเข้มข้นกลูโคสเริ่มต้นเดียวกัน ส่วนอัตราในการสร้างกรดแลกติกพบว่า *L. plantarum* จะสร้างได้โดยเฉลี่ยในช่วง 3-12 ชั่วโมงแรกของการหมัก ส่วน *P. cerevisiae* สร้างได้โดยเฉลี่ยในช่วง 18-24 ชั่วโมงของการหมัก ข้อแตกต่างของเชื้อทั้งสองชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงเวลาที่มีการเจริญเติบโต และการสร้างกรดแลกติกที่ต่างกันนั้น นับว่าเป็นข้อดีที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตหมักที่อาศัยเทคโนโลยีเชื้อยีสเริ่มต้นผสม ซึ่งจะเป็นการเพิ่มระยะเวลาในการผลิตกรดแลกติกให้มากขึ้น โดยช่วงแรกอาศัยการผลิตกรดแลกติกจากเชื้อ *L. plantarum* และช่วงหลังจากเชื้อ *P. cerevisiae* ซึ่งคาดว่าจะให้คุณภาพหมักที่ดีตามต้องการได้.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนการวิจัย มา ณ โอกาสนี้ด้วย.

เอกสารอ้างอิง

- วริยจารี, ไพโรจน์ และ หันพงศ์กิตติกุล, อรุณ. (2533, 2535). ปฏิบัติการอุตสาหกรรมการหมัก. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
วริยจารี, ไพโรจน์. (2535). วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมัก. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- AOAC. (1984). Official Methods of Analysis (13th edition) Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Bacus, J. (1984). Utilization of Microorganisms in Meat Processing. Research Studies Press, Ltd., England.
- Bacus, J.N., and Brown, W.L. (1981). Use of microbial cultures : Meat products. Food Technol. 35 : 74-78, 83.
- Coretti, K. (1977). Starter cultures in the meat industry. Die Fleischwirtschaft. 3 : 368-388.
- Deibel, R.H., and Niven, C.F., Jr. (1957). *Pediococcus cerevisiae* : A starter culture for summer sausage. Bacteriol. Proc. 14-15.
- Everson, C.W., Danner, W.E., and Hammes, P.A. (1970). Bacterial starter cultures in sausage products. J. Agr. Food Chem. 18 : 570-571.
- Everson, C.W., Danner, W.E., and Hammes, P.A. (1974). Process for Curing Dry and Semi-dry Sausages. U.S. Patent 3,814,817.
- Gibbs, P.A. (1987). Novel uses for lactic acid fermentation in food preservation. J. Appl. Bacteriol. Symposium Supplement, 51S-58S.
- Gilliland, S.E. (1985). Bacterial Starter Cultures for Foods. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- 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 sugars. Analytical Chemistry 31 : 426-428.
- Niinivaara, F.P. (1955). The influence of pure bacterial cultures on aging and changes of the red color of dry sausage. Suomen Maataloustieteellisen Seuran Julkaisu No. 84, Acta Agra Finnica (Helsinki). 97 : 45-49.
- Nurmi, E. (1966). Effect of bacterial inoculations on characteristics and microbial flora of dry sausage. Thesis, University of Helsinki, Finland. Acta Agra Finnica. No. 108.
- Pearson, D. (1976). The Chemical Analysis of Food. Churchill Livingstone. London and New York.
- Pirt, A.J. (1975). Principles of Microbe and Cell Cultivation. Blackwell Scientific Publication. London.
- 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.

การใช้ปุ๋ยมูลไก่ปรับปรุงดินกรดสำหรับปลูกมะละกอ

สุรศักดิ์ เสร็จพงศ์¹

EFFECT OF POULTRY MANURE ON GROWTH OF PAPAYA IN AN ACID SOIL

Surasak Seripong¹

ABSTRACT : The experiment was carried out under the glasshouse at the Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. It was conducted to determine the effect of poultry manure application on growth of papaya plants in an acid Yasothon soil. Manure at the rates of 0, 50, 100 and 150 gm/pot were mixed the soil. The results indicated that dry matter of papaya plants were significantly increased by the application of poultry manure. The addition of poultry manure resulted in a marked increase in N and K uptake in plant tops. The N and K concentration in plant tops were very high in comparison with the Ca and Mg concentration. The Organic matter, Total N, Exchangeables K, Ca and Mg content in this soil were significantly increased with increasing the rates of poultry manure. The optimum rate of poultry manure application in this soil was 50 gm/pot.

บทคัดย่อ : การใช้ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 0, 50, 100 และ 150 กรัม/กระถาง ปรับปรุงดินกรดชุดยโสธร สำหรับปลูกมะละกอในเรือนทดลอง ผลปรากฏว่ามะละกอมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในต้นมะละกอเรียงลำดับได้ดังนี้ N, K > Ca > Mg และความเข้มข้นของ N และ K ในต้นมะละกอมีค่าสูงกว่า Ca และ Mg ตามลำดับ นอกจากนี้การเพิ่มปุ๋ยมูลไก่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อัตราปุ๋ยมูลไก่ที่เหมาะสมที่ควรใส่ให้กับต้นได้แก่ 50 กรัม/กระถาง.

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น 40002.

¹ Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002.

คำนำ

อินทรีย์วัตถุมีบทบาทในการปรับปรุงคุณสมบัติต่าง ๆ ของดินให้ดีขึ้น เช่นทำให้ดินมีความสามารถในการเก็บกักน้ำได้ดีขึ้น การเกิดกษัยการของดินอันเนื่องจากน้ำและกรดน้อยลง และกิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ในดินมีเพิ่มขึ้น Pagliai และคณะ (1987) ได้รายงานไว้ว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่ยังมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน เช่นทำให้ pH และ extractable P ของดินเพิ่มขึ้นด้วย (เสวีพงศ์ และสุขศรี, 2535) วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ก็เพื่อศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่ที่มีต่อการเจริญเติบโตของมะละกอ ปริมาณของ N, K, Ca และ Mg ในดินและในต้นมะละกอที่ปลูกในดินกรดซุยโคร.

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างดินซุยโคร (Oxic Paleustults) จากแปลงทดลอง และนำมาตากให้แห้งในร่มแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. ซึ่งดินจำนวน 4 กก. ใส่ในถุงพลาสติกแล้วนำไปใส่ไว้ในกระถางดินคุณสมบัติของตัวอย่างดินที่ใช้มี pH, Organic matter (OM), N, P (Bray2) และ K เท่ากับ 5.5, 0.04 %, 0.61 %, 1.00 %, และ 0.45 % ตามลำดับ ใส่ปุ๋ยมูลไก่จำนวน 4 อัตรา คือ 0, 50, 100 และ 150 กรัม/กระถาง ปุ๋ยมูลไก่มีคุณสมบัติดังนี้ pH, C/N, N, P, K และ Ca เท่ากับ 8.0, 17, 1.41 %, 0.61 %, 1.00 % และ 0.45 % ตามลำดับ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 0.25 กรัม/กระถาง เป็นปุ๋ยรองพื้นคลุกปุ๋ยกับดินให้ผสมกันอย่างทั่วถึง รดน้ำให้ชุ่มที่ระดับความชื้นสนามเป็นเวลา 1 เดือน เมื่อเก็บเกี่ยวพืชแล้วได้เก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมี และวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุอาหารในดินพืชตามวิธีการของ พชรปรีชา (2537) การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 4 ซ้ำ

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของต้นมะละกอ

ปุ๋ยมูลไก่เมื่อใส่อัตราเพิ่มขึ้นทำให้ต้นมะละกอมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นั่นคือเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ได้น้ำหนักแห้งต้นมะละกอ (plant tops) 2.64 กรัม/กระถาง แต่เมื่อใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 50, 100 และ 150 กรัม/กระถาง ได้น้ำหนักแห้งต้นมะละกอ เท่ากับ 3.85, 3.96 และ 6.59 กรัม/กระถาง ได้น้ำหนักแห้งต้นมะละกอเท่ากับ 3.85, 3.96 และ 6.59 กรัม/กระถาง ตามลำดับ (รูปที่ 1) เนื่องจากดินซุยโครเป็นดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยมูลไก่จะช่วยเพิ่มแร่ธาตุอาหารในดินโดยเฉพาะ N และ K จึงทำให้มีการตอบสนองของต้นมะละกอได้สูง Jones และคณะ (1991) ได้รายงานไว้ว่ามะละกอเป็นพืชที่มีความต้องการแร่ธาตุอาหารสูง ได้แก่ N และ K ในก้านใบเท่ากับ 2.5 % และ 5.5 % ตามลำดับ.

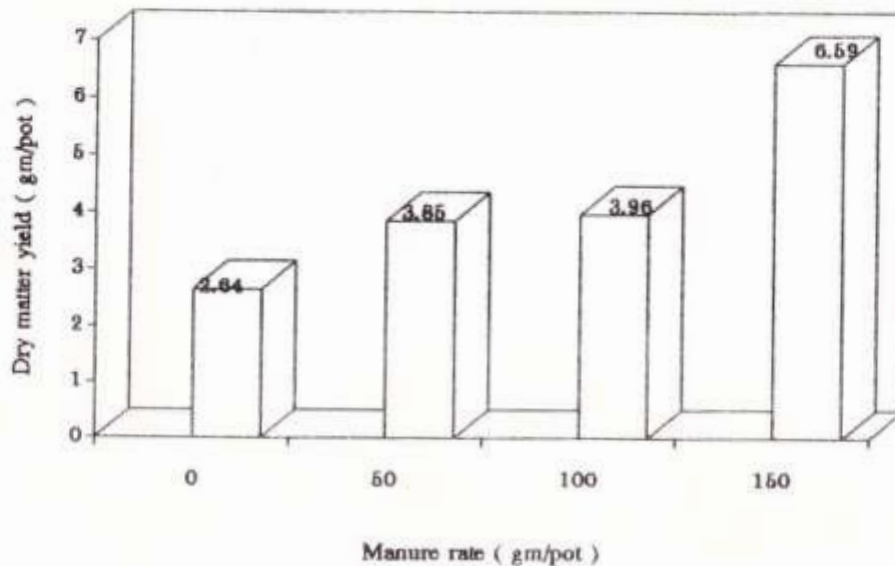


Figure 1 Effect of poultry manure on dry matter yield of papaya plant tops.

ปริมาณแร่ธาตุอาหารในต้นมะละกอ

การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตราเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณการดูดใช้แร่ธาตุอาหาร (Nutrient uptake) ได้แก่ N, K, Ca และ Mg ในต้นมะละกอเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณการดูดใช้แร่ธาตุอาหารเรียงลำดับได้ดังนี้ $N, K > Ca > Mg$ (รูปที่ 2) และความเข้มข้น (Nutrient concentration) ของ N, K, และ Ca ในต้นมะละกอก็เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อมีการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตราเพิ่มขึ้น ซึ่งความเข้มข้นของ N และ K ในต้นมะละกอมีค่าสูงกว่า Ca และ Mg ตามลำดับ (รูปที่ 3) การที่ต้นมะละกอมีปริมาณแร่ธาตุอาหารเพิ่มขึ้นนี้คงเนื่องมาจากปุ๋ยมูลไก่ที่ใส่ในดินได้มีการสลายตัวแล้วปลดปล่อยแร่ธาตุอาหารออกมา (Mineralization) ให้พืชนำไปใช้ได้ โดยเฉพาะ N และ K ซึ่งมีเป็นปริมาณมากในองค์ประกอบของปุ๋ยมูลไก่ Castellanos และ Pratt (1981) ได้พบว่าการหมักปุ๋ยคอกชนิดต่าง ๆ ในดินเนื้อหยาบเป็นเวลา 10 สัปดาห์นั้น ปุ๋ยมูลไก่จะสลายตัวได้เร็วและปลดปล่อยแร่ธาตุ N ออกมาได้มากกว่าปุ๋ยคอกชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ Sims (1987) ก็ได้รายงานว่าปุ๋ยมูลไก่เป็นแหล่งให้ธาตุ N แก่ข้าวโพดได้เป็นอย่างดี.

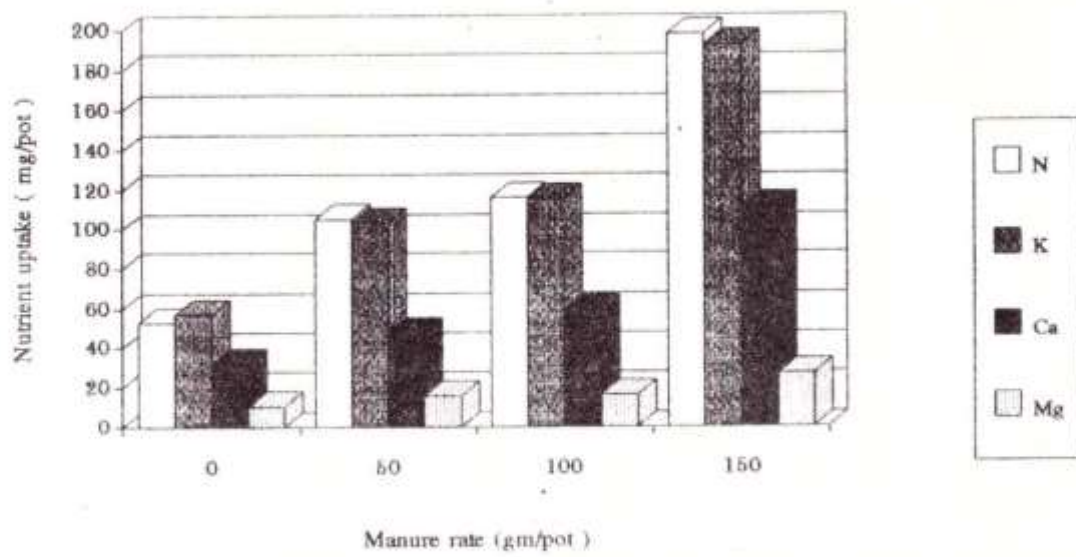


Figure 2 Effect of poultry manure on nutrient uptake of papaya plant tops.

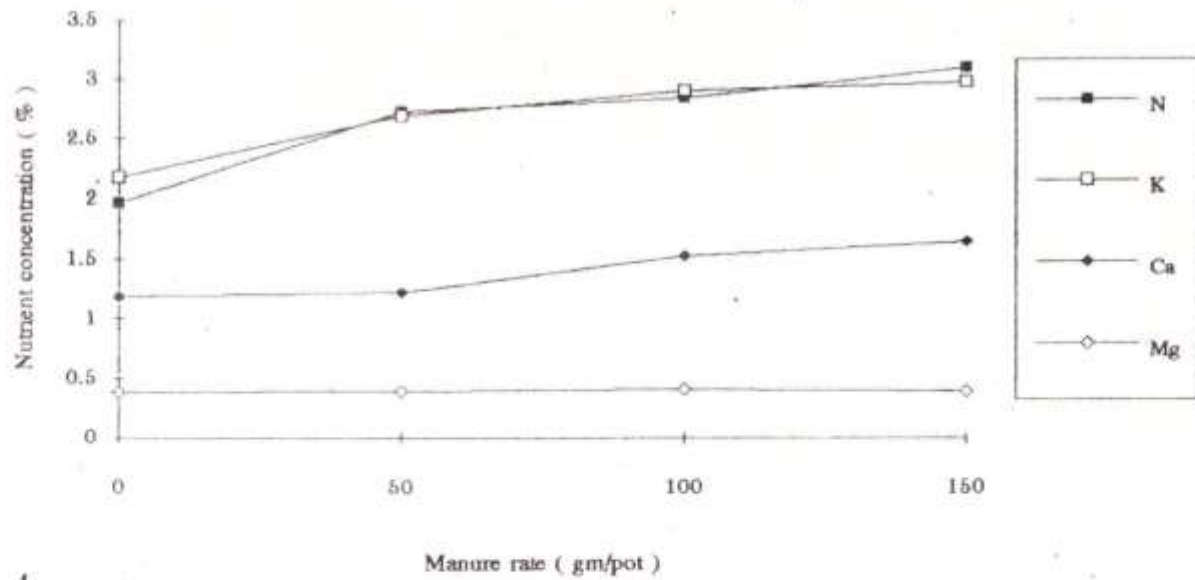


Figure 3 Effect of poultry manure on nutrient concentration in papaya plant tops.

คุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการหลังการเก็บเกี่ยวพืช

การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตราเพิ่มขึ้นทำให้ดินมีปริมาณ Organic matter (OM), Total N, Exchangeables K, Ca และ Mg เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 1) การใส่ปุ๋ยมูลไก่ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) เพิ่มขึ้น จะเป็นแหล่งที่ให้แร่ธาตุอาหารต่าง ๆ เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ Total N ในดิน.

Table 1 Effect of poultry manure on some chemical properties of Yasothon soil after papaya plants were harvested.

Manure (ton/rai)	OM (%)	N (%)	K me/100 g	Ca me/100 g	Mg me/100 g
0	0.68 ^d	0.04 ^c	0.11 ^b	1.35 ^b	0.35 ^b
4	0.84 ^c	0.04 ^c	0.18 ^b	1.44 ^b	0.45 ^b
8	1.03 ^b	0.06 ^b	0.35 ^a	1.72 ^a	0.76 ^a
12	1.15 ^a	0.07 ^a	0.44 ^a	1.75 ^a	0.78 ^a

Note : means within column with different superscripts are significant different at $p < 0.05$.

สรุปผลการทดลอง

ดินชุดยโสธรเป็นดินที่มีแร่ธาตุอาหารพืชต่ำ การใส่ปุ๋ยมูลไก่ซึ่งมีแร่ธาตุอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะ N และ K สูงในดินผลปรากฏดังนี้ มะละกอที่ปลูกมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณการดูดใช้แร่ธาตุอาหารในต้นมะละกอเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและเรียงลำดับได้ดังนี้ $N, K > Ca > Mg$ ความเข้มข้นของ N, K และ Ca ในต้นมะละกอเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระดับความเข้มข้นของ N และ K มีค่าสูงกว่า Ca และ Mg ตามลำดับ ค่าวิเคราะห์ดินหลังเก็บเกี่ยวพืชมีปริมาณ Organic matter, Total N, Exchangeables K, Ca และ Mg เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับอัตราปุ๋ยมูลไก่ที่เหมาะสมซึ่งควรใส่ให้กับดินนี้ ได้แก่ 60 กรัม/กระถาง

เอกสารอ้างอิง

- พชรปรีชา, พงศ์ศิริ. (2537). การวิเคราะห์ดินและพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 276 หน้า.
- เดวิพงษ์, สุรศักดิ์ และ สุขศรี, อำนวยศิลป์. (2532). การใช้วัสดุอินทรีย์ทางการเกษตรและปุ๋ยเคมีเพื่อปรับปรุงดิน การเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวฟ่าง. เกษตร 17(6) : 381-388.
- Castellanos, J.Z., and Pratt, P.F. (1981). Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indexes. Soil Sci. Soc. Am. J. 45 : 354-357.
- Jones, Jr., J.B, Wolf, B. and Mills, H.A. (1991). Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Inc. Georgia, USA, 213 p.
- Pagliai, M., La Marca, M. and Lucamante, G. (1987) . Changes in soil porosity in remolded soils treated with poultry manure. Soil Sci. 144 : 128-140.
- Sims, J.T. (1987). Agronomic evaluation of poultry manure as a nitrogen source for conventional and no-tillage corn. Agron. J. 79 : 563-570.
-

จลศาสตร์ของเชื้อแบคทีเรียไนเตรทรีดิวซิง
แบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตแหนม

ไพโรจน์ วิริยจารี¹, ลักขณา รุจนะไกรกานต์¹
วิวรรณ วรรณจรรย์¹ และ สุทธยา บุญดอนม¹

KINETIC OF NITRATE REDUCING
BACTERIA FOR NHAM PRODUCTION

Pairote Wiriyaacharee¹, Lakkana Rujanakraikarn¹
Wiwat Wattanatchariya¹ and Suthaya Boonthanom¹

ABSTRACT : *Micrococcus varians* is a nitrate reducing bacteria which needs glucose as a carbon substrate for cell growth and its activity. Therefore, glucose was used for kinetics study in the model system. For this experiment, glucose was varied as studied factor to 0.22-0.40 % for *M.varians* at 48 hours of fermentation period. It was found that the maximum specific growth rate (μ_m) of *M.varians* was 0.2534 hr⁻¹ and saturation constant (K_s) was about 0.1799 %. However, *M.varians* can produce a few of lactic acid content. As a result of this, the pH was also higher. In the nitrate reduction activity, it can reduce nitrate to nitrite with amount of 80 % in the first period of 12-18 hours. But the reduction of nitrate was dependent upon the nitrate level in the system.

¹ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200.

¹ Faculty of Agro-industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200.

บทคัดย่อ : *Micrococcus varians* เป็นไมโครทริคิวริงแบคทีเรียที่ต้องการกลูโคสเป็นสารอาหารสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตของเซลล์และการทำกิจกรรมต่าง ๆ ดังนั้น การศึกษาจุลศาสตร์ของเชื้อดังกล่าวใน model system จึงนำกลูโคสมาใช้เป็นปัจจัยสำคัญ โดยแปรที่ระดับร้อยละ 0.22-0.40 ในเวลา 48 ชั่วโมง ของการหมักโดย *M. varians* จากการทดลองพบว่า *M. varians* มีค่า maximum specific growth rate (μ_m) เท่ากับ 0.2534 ชั่วโมง⁻¹ และ saturation constant (K_s) มีค่าร้อยละ 0.1799 อย่างไรก็ตาม *M. varians* สามารถผลิตกรดลิกเตียนกรดแลคติกได้น้อยมาก จึงมีผลให้ค่าความเป็นกรดค้าง (pH) ค่อนข้างสูง สำหรับกิจกรรมในการรีดิวสารประกอบไนเตรท พบว่า สามารถเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบไนโตรที่ได้น้อยถึงร้อยละ 80 ในช่วง 12-18 ชั่วโมงแรกของการหมัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณสารประกอบไนเตรทเริ่มต้นด้วย.

คำนำ

เทคโนโลยีการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในอุตสาหกรรมเนื้อหมักในปัจจุบัน นับว่าประสบความสำเร็จมากเนื่องจากสามารถควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้คงที่ ควบคุมเวลาในการผลิต และสามารถประกันความปลอดภัยในการบริโภคได้มากกว่าการหมักด้วยวิธีธรรมชาติ โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่นิยมใช้เป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในผลิตภัณฑ์เนื้อ ได้แก่ *Lactobacillus* sp. (Nummi, 1966; Everson *et al.*, 1970; Bacus, 1984; Gilliland, 1985 และ Gibbs, 1987) *Pediococcus* sp. (Deibel and Niven, 1957; Bacus and Brown, 1981; Bacus, 1984; Gillil and, 1985 c และ Gibbs, 1987) และ *Micrococcus* sp. (Ninivaara, 1955; Nummi, 1966 และ Coretti, 1977) ซึ่ง *Lactobacilli* และ *Pediococci* เป็นจุลินทรีย์ประเภทแลคติกแอซิกแบคทีเรีย ซึ่งทำให้ค่าความเป็นกรดทั้งหมักแลคติกเพิ่มสูงขึ้นขณะเดียวกันค่าความเป็นกรดค้าง (pH) จะมีค่าลดลง การลดลงของ pH จะทำให้โปรตีนในเนื้อถูกทำลายไป มีการเกิดเจลและทำให้เนื้อเริ่มแข็งและเหนียวขึ้นโดยพบว่าเมื่อใช้เชื้อ *Lactobacillus plantarum* ร่วมกับเชื้อ *Pediococcus cerevisiae* จะช่วยให้มีการสร้างกรดมากขึ้น ทั้งนี้เพราะ *L. plantarum* สามารถสร้างกรดได้ในช่วงแรกของการหมัก ส่วน *P. cerevisiae* สามารถสร้างกรดได้ในช่วงหลังของการหมัก นอกจากนี้สภาพความเป็นกรดที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ในเวลาอันรวดเร็ว สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการได้ เช่น *Staphylococcus aureus* (Daly *et al.*, 1973), *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. (H-Kittikun *et al.*, 1988) เป็นต้น นอกจากความต้องการให้เกิดกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักแล้ว สีของผลิตภัณฑ์ก็สำคัญต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ และการยอมรับของผู้บริโภค จึงอาศัยความสามารถในการรีดิวไนเตรทเป็นไนโตรของจุลินทรีย์ พวก *Micrococci* ซึ่งในที่นี้คือ *Micrococcus varians* โดยเชื้อดังกล่าวจะมีผลต่อการเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนโตรในช่วงแรกของการหมัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ (Wiriacharee, 1990) Deibel *et al.* (1961) รายงานว่ากิจกรรมดังกล่าวของเชื้อชนิดนี้จะเกิดขึ้นในช่วง 2-18 ชั่วโมงแรกของการหมัก ได้ถูกรอกทั่วไป ขณะที่การสร้างกรดจะเริ่มขึ้นหลังจาก 8-16 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า *M. varians* ควรจะมีกิจกรรมเกิดขึ้นก่อนที่จะถูกยับยั้งเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดมากขึ้น จากนั้นเมื่อ

ระบบการหมักเปลี่ยนไป โดยมีสภาพความเป็นกรดมากขึ้นสารไนโตรที่เกินขึ้นจะสลายตัวไปเป็นไนโตรออกไซด์ ซึ่งจะรวมตัวกับรงควัตถุในเนื้อ (Myoglobin) และเปลี่ยนเป็นสีชมพูแดงของไนโตรโซไมโอโกลบิน (Nitroso myoglobin) ซึ่งเป็นที่ต้องการในผลิตภัณฑ์.

สำหรับในประเทศไทยเทคโนโลยีการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมได้เข้ามามีบทบาทต่อการผลิตอาหารหมักคอง โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์แหม ซึ่ง Wiriacharee (1990) ได้ศึกษาทดลองนำเชื้อทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการผลิตแหม และพบว่าสามารถปรับปรุงคุณภาพแหมได้ โดยผลิตภัณฑ์มีการผลิตกรดที่ต่ำ แหมมีคุณภาพดีมากในแง่ลักษณะเนื้อสัมผัสและสี และมีความปลอดภัยต่อการบริโภคสูง แต่ก่อนที่จะมีการศึกษาต่อไปในด้านกรรมวิธีการผลิต ควรศึกษาเกี่ยวกับจุลศาสตร์ของเชื้อทั้ง 3 ชนิด เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมและการเจริญ การใช้สารอาหาร และการสร้างผลิตภัณฑ์ของเชื้อดังกล่าว ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นพื้นฐานในการศึกษา และพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ชนิดต่อไป.

จุลศาสตร์ของ *Micrococcus varians* มีความสำคัญโดยเฉพาะในด้านความสามารถวิธีในแบคทีเรียให้เป็นไนโตรที่ ซึ่งมีผลให้เกิดสีในผลิตภัณฑ์ขึ้นดังกล่าวข้างต้น เชื้อดังกล่าวสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อ Brain Heart Infusion (BHI) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และใช้เวลาประมาณ 48 ชั่วโมง ในการเจริญเติบโตเพื่อให้มีกิจกรรมสูงสุด โดยในการศึกษาทดลองนี้จะศึกษาถึงอัตราการใช้สารอาหาร (กลูโคส) (Specific substrate uptake rate; q_s) อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดโดยวัดในรูปน้ำหนักแห้งของเซลล์ (Maximum specific growth rate; μ_{max}) ตลอดจนอัตราการสร้างผลิตภัณฑ์ (Specific product rate; q_p) ซึ่งในที่นี้คือกรดแลคติก และประสิทธิภาพในการเปลี่ยนไนโตรที่เป็นไนโตรที่ของเชื้อ *M. varians* ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปเกี่ยวกับปริมาณของสารไนโตรและกลูโคสที่จำเป็นในการผลิตแหมเพื่อให้ได้คุณภาพตามต้องการ.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

เนื่องจากจุลินทรีย์ *Micrococcus varians* สามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI (Difco) และในอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปดังกล่าวพบว่ามีกลูโคสอยู่ในปริมาณต่ำ (ปริมาณร้อยละ 0.2) ดังนั้น จึงใช้อาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าว ในการศึกษาทดลองนี้และเติมสารละลายกลูโคสเพิ่มเข้าไปที่หลัง เพื่อเป็นปัจจัยในการศึกษาการใช้ไปของกลูโคส โดยเชื้อในแบคทีเรียเชิงแบคทีเรีย

ดังกล่าว วิธีการคือ นำอาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายกลูโคส (ร้อยละ 20) มาเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จึงให้เย็นแล้วเติมสารละลายกลูโคสลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI ให้มีปริมาณกลูโคสระดับต่าง ๆ ดังนี้

1. ปริมาณกลูโคสร้อยละ 0.22 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ
2. ปริมาณกลูโคสร้อยละ 0.25 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ
3. ปริมาณกลูโคสร้อยละ 0.275 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ
4. ปริมาณกลูโคสร้อยละ 0.30 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ
5. ปริมาณกลูโคสร้อยละ 0.35 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ
6. ปริมาณกลูโคสร้อยละ 0.40 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ

สำหรับในการศึกษาจุลศาสตร์การเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นไนไตรท์ อาศัยการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อเช่นเดียวกัน แต่ให้มีปริมาณกลูโคสในอาหารเท่ากันคือ ร้อยละ 0.22 แล้วเติมสารละลายโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วลงในอาหาร BHI ดังกล่าว ให้มีปริมาณต่าง ๆ ดังนี้

1. ปริมาณโซเดียมไนเตรท 100 ส่วนในล้านส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อ
2. ปริมาณโซเดียมไนเตรท 200 ส่วนในล้านส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อ
3. ปริมาณโซเดียมไนเตรท 300 ส่วนในล้านส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อ
4. ปริมาณโซเดียมไนเตรท 400 ส่วนในล้านส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อ
5. ปริมาณโซเดียมไนเตรท 500 ส่วนในล้านส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อ.

การเตรียมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

M. varians ถูกเตรียมขึ้นเป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI จำนวน 100 มิลลิลิตร โดยบ่มในตู้อบที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นแยกเซลล์ด้วยความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที และเติมอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI ในปริมาณเท่ากับปริมาตรเริ่มต้น เชื้อให้เข้ากัน จะได้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นตามต้องการ (การเตรียมในขั้นนี้อาศัยเทคนิคปลอดเชื้อทั้งสิ้น).

วิธีการทดลอง

ปีเปกเชื้อ *M. varians* บริสุทธิ์ที่เตรียมได้ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อในปริมาณร้อยละ 5 เชื้อให้เข้ากัน บ่มในตู้อบที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และนำมาสู่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาหน้าหนักของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่เจริญเติบโต ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ปริมาณกรดทั้งหมด คิคเทียบกรดแต่ละคิคและค่าความเป็นกรดค่า (pH) และสำหรับการศึกษาจุลศาสตร์การเปลี่ยนไนโตรเจนให้สู่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาค่าไนไตรท์ที่เหลืออยู่ (Residual nitrite) เมื่อเวลาผ่านไป 0, 3, 6, 12, 18, 24, 36, และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ.

วิธีการหาน้ำหนักเซลล์แห้งของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

การเตรียมกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) กับน้ำหนักแห้ง (Dry weight) ของเซลล์

เปิดเชื้อ *M. varians* บริสุทธิ์ที่เตรียมโคลงในอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปในปริมาณร้อยละ 5 เขย่าให้เข้ากัน เก็บบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และนำมาสูบล้างอย่างเพื่อนำไปวัดการเจริญเติบโตของเชื้อในรูปของความขุ่น ซึ่งได้เป็นค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) โดยใช้เครื่อง Bausch and Lomb Spectronic 21 spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ทั้งนี้ ตัวอย่างดังกล่าว 1 มิลลิลิตร จะถูกเจือจางด้วยน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร ก่อนนำไปวัด จากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวมาปั่นแยกเซลล์ที่ 2,000 รอบต่อนาที ในอาหารส่วนบนออก นำตะกอนที่ได้ไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมง จนน้ำหนักตะกอนคงที่ สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับน้ำหนักแห้งของเซลล์ โดยให้น้ำหนักแห้งของเซลล์เป็นแกนนอนจะได้กราฟมาตรฐานที่ใช้เทียบหาน้ำหนักแห้งของเซลล์ได้.

การวิเคราะห์ทางเคมี

การทดลองทั้ง 6 กลุ่มจะถูกสุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์ทางเคมี คือค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติก (Total acidity as lactic acid) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugars) ตามวิธีของ AOAC (1984), Miller (1959), Pearson (1976), Wriyacharee (1996) และวิธีจาร์ กับ หินพดักคิตกุล (2533, 2535) และวัดค่าการเจริญเติบโตของเชื้อโดยการวัดความขุ่นในรูปของค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร (Pirt, 1975) สำหรับการศึกษาจุลศาสตร์การเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นไนไตรท์ การทดลองทั้ง 5 กลุ่มจะถูกสุ่มตัวอย่างออกมาเพื่อวิเคราะห์หาไนไตรท์ที่เหลืออยู่ (Residual nitrite) ตามวิธีของ AOAC (1984).

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองศึกษาการเจริญเติบโตของ *M. varians* ในรูปของน้ำหนักแห้งที่ระดับความเข้มข้นน้ำตาลกลูโคส ในช่วงร้อยละ 0.22-0.40 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Model system) พบว่ามีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันมากที่แต่ละระดับความเข้มข้นสารอาหาร (กลูโคส) (ภาพที่ 1) เมื่อเทียบที่เวลาเดียวกัน ซึ่งน้ำหนักแห้งของเซลล์จะอยู่ในช่วง 0.8-0.9 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรที่เวลาการหมัก 48 ชั่วโมง ทั้งนี้ น้ำหนักแห้งของเซลล์แปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของกลูโคสเริ่มต้น ซึ่ง

เป็นไปทำนองเดียวกับค่าความเป็นกรดทั้งหมดเมื่อคิดเทียบกรดแลคติก (ภาพที่ 2) แต่พบว่าเชื้อ *M. varians* นี้สามารถผลิตกรดได้น้อยมากเพียงประมาณร้อยละ 0.17 ของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่านั้นที่เวลาการหมัก 48 ชั่วโมง และค่าความเป็นกรดค้าง (pH) สุดท้ายประมาณ 6.6 (ภาพที่ 3) ด้วยเหตุนี้เชื้อ *M. varians* จึงไม่ใช่เชื้อหลักในการผลิตกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์ ส่วนอัตราการผลิตกรดแลคติก หรือค่า Specific product rate (qp) พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในแต่ละความเข้มข้นเช่นเดียวกันคือ มีค่าลดลงเมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 1.

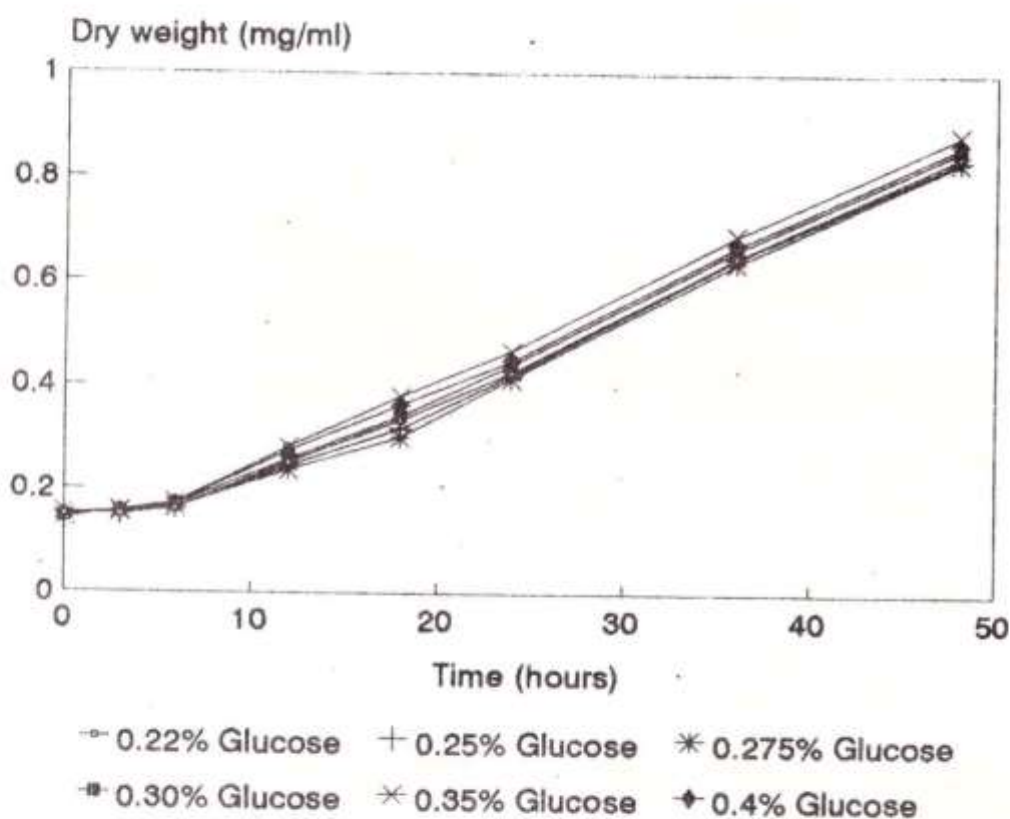


Figure 1 The growth of *M. varians* in term of dry weight (mg/ml) during 48 hours in model system (6 levels of glucose as main factors).

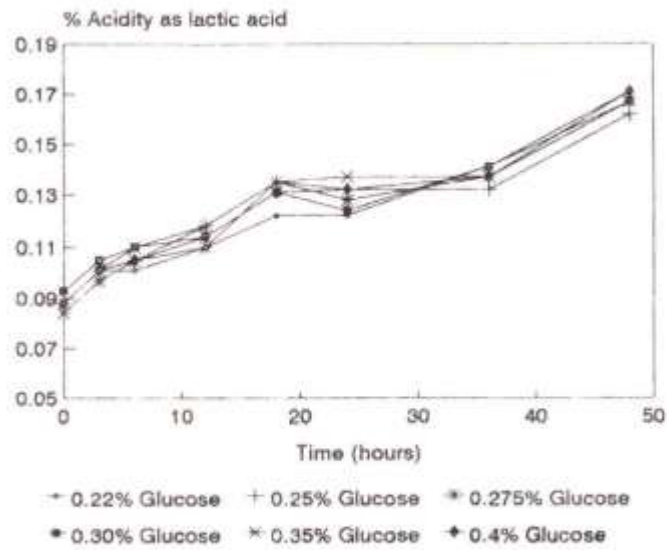


Figure 2 Total acidity as lactic acid (%) changes during 48 hours in model system of *M. varians* fermentation (6 levels of glucose as main factors).

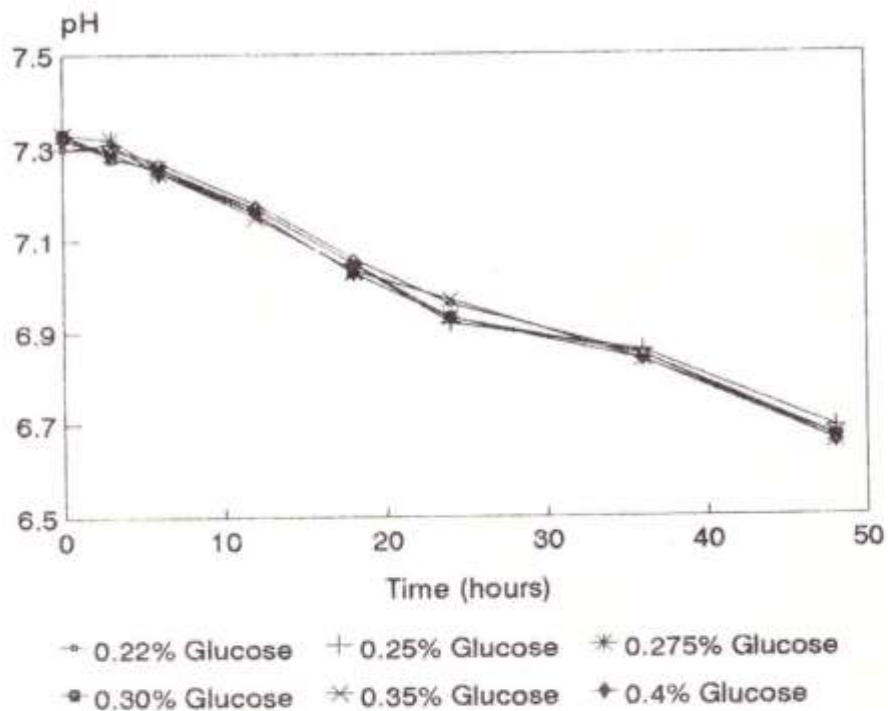


Figure 3 pH changes during 48 hours in model system of *M. varians* fermentation (6 levels of glucose as main factors).

Table 1 Specific substrate uptake rate (q_s) and specific product rate (q_p) of *M. varians* during 48 hours.

% Glucose	TIME (HOURS)													
	3		6		12		18		24		36		48	
	q_s	q_p	q_s	q_p	q_s	q_p	q_s	q_p	q_s	q_p	q_s	q_p	q_s	q_p
0.220	0.076	0.058	-0.008	0.022	-0.005	0.013	-0.007	0.012	-0.009	0.009	-0.010	0.010	-0.010	0.009
0.250	0.100	0.061	0.008	0.027	-0.001	0.019	-0.006	0.017	-0.009	0.011	-0.009	0.008	-0.009	0.008
0.275	0.104	0.052	0.018	0.033	0.002	0.016	-0.005	0.018	-0.008	0.011	-0.008	0.009	-0.009	0.009
0.300	0.102	0.051	0.025	0.026	0.005	0.014	-0.004	0.014	-0.007	0.008	-0.009	0.009	-0.010	0.009
0.350	0.114	0.053	0.017	0.035	0.004	0.019	-0.003	0.018	-0.010	0.014	-0.010	0.010	-0.009	0.010
0.400	0.104	0.054	0.028	0.028	0.004	0.016	-0.002	0.016	-0.006	0.012	-0.008	0.010	-0.007	0.010

Note :

- $q_s = -u / y_{x/s}$ (% glucose / mg cells / hr)
- $q_p = Y_{p/x} u$ (% acidity / mg cells / hr)

$Y_{x/s}$ = Cell yield (mg cells / % glucose)
 $= (X - X_0) / (S_0 - S)$

$Y_{p/x}$ = Product yield (% acidity / mg cells)
 $= (P - P_0) / (X - x_0)$

สำหรับการใช้สารอาหาร (กลูโคส) ของ *M.varians* พบว่าทุกระดับความเข้มข้นมีอัตราการใช้สารอาหารที่ใกล้เคียงกัน สังเกตได้จากค่า Specific substrate uptake rate (qs) ในแต่ละช่วงเวลา (ตารางที่ 1) และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ในระบบการหมัก (ภาพที่ 4) พบว่าในช่วงเริ่มต้นประมาณ 3-6 ชั่วโมงแรกของการหมัก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในทุกความเข้มข้น ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการสลายสารอาหารประเภทอื่นที่มีในอาหารเลี้ยงเชื้อ.

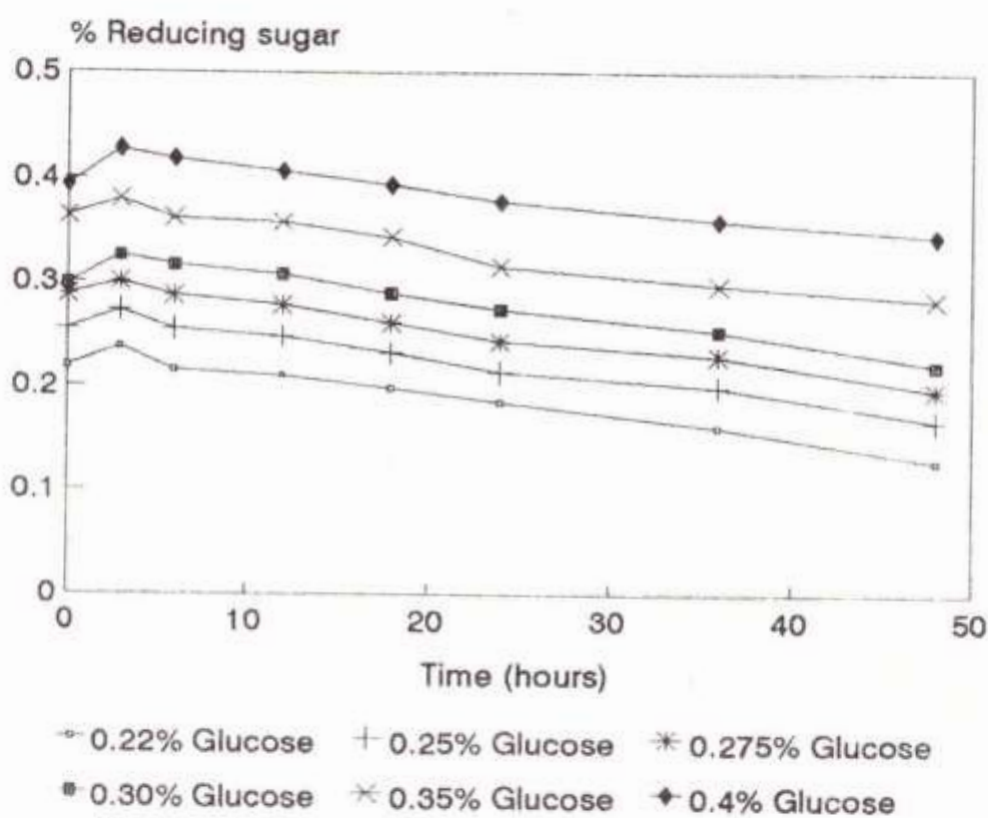


Figure 4 Reducing sugar changes during 48 hours in model system of *M.varians* fermentation (6 levels of glucose as main factors).

ส่วนค่า Specific growth rate (μ) ที่ได้จากการคำนวณในช่วง Exponential phase พบว่ามีค่าแตกต่างกันคือ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารอาหารเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 5) แต่ที่ความเข้มข้นกลูโคสร้อยละ 0.4 พบว่าค่า μ หรืออัตราการเจริญเติบโตของเชื้อ *M.varians* ลดลง ซึ่งอาจเป็นเพราะความเข้มข้นกลูโคสระดับนี้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *M.varians* โดยตรงก็ได้.

อย่างไรก็ตามผลการทดลองที่ความเข้มข้นกลูโคสต่ำกว่าร้อยละ 0.4 สอดคล้องกับสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า μ กับค่าความเข้มข้นของสารอาหารเริ่มต้น (S_0) ในการศึกษาการเจริญของแบคทีเรียในระบบการหมักโดย J.Monod ที่พบว่าค่า μ จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสารอาหารเริ่มต้น (วิริยารวี, 2535).

$$\mu = \mu_m \cdot \frac{S_0}{K_s + S_0}$$

และเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณหาค่า Maximum specific growth rate (μ_m) และค่า Saturation constant (K_s) จึงเปลี่ยนสมการดังกล่าวให้อยู่ในรูปสหการเชิงเส้นตรง ดังนี้ (ภาพที่ 6)

$$\begin{aligned} 1/\mu &= (K_s/\mu_m \cdot 1/S_0) + 1/\mu_m \\ \text{intercept} &= 1/\mu_m \\ \text{slope} &= K_s/\mu_m \end{aligned}$$

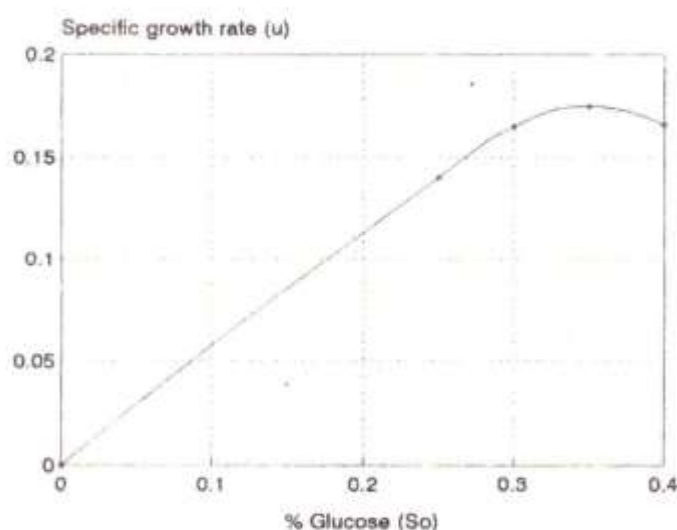


Figure 5 Specific growth rate (μ) of *M.varians* in model system.

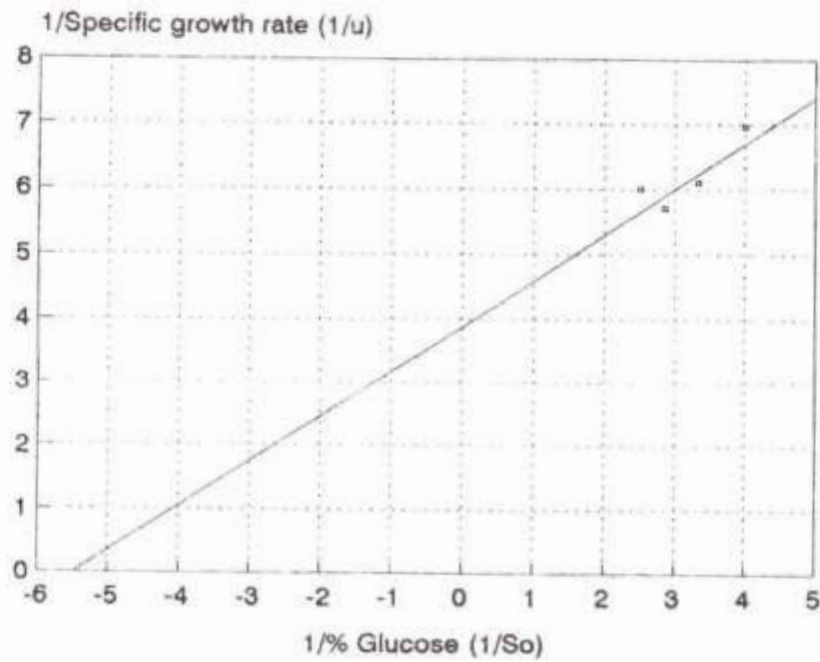


Figure 6 Maximum specific growth rate (u_m) and saturation constant (K_s) of *M.varians* in model system.

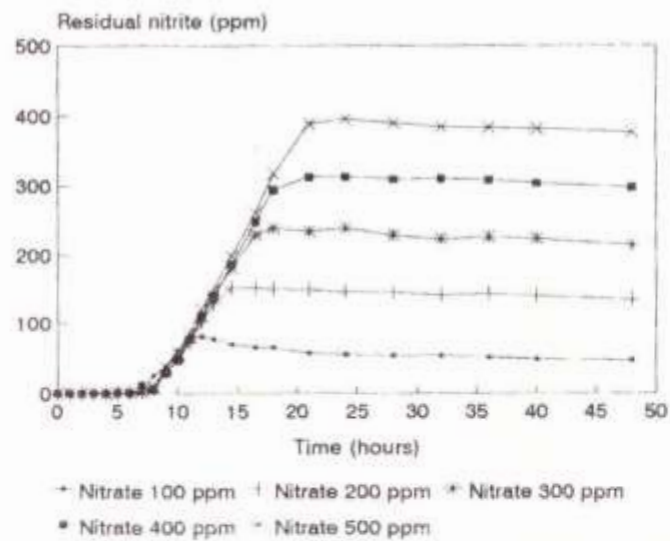


Figure 7 Changing of residual nitrite (ppm.) by *M.varians* in model system during 48 hours (use 0.22 % glucose as initial substrate).

สำหรับการทดลองนี้พบว่าค่า Maximum specific growth rate (μ_m) มีค่าเป็น 0.2534 ชั่วโมง⁻¹ และ Saturation constant (K_s) มีค่าร้อยละ 0.1799 ซึ่งหมายความว่าเชื้อ *Mvarians* ต้องการปริมาณแกลูโคสเท่ากับร้อยละ 0.1799 เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตไปได้ครึ่งหนึ่งของ Exponential phase ของเชื้อดังกล่าว ซึ่งถ้าปริมาณแกลูโคสน้อยกว่านี้การเจริญเติบโตของเชื้อดังกล่าว จะเป็นไปได้ไม่สมบูรณ์.

เมื่อพิจารณาสารอาหารเริ่มต้น (แกลูโคส) ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการทำกิจกรรมของเชื้อ *Mvarians* พบว่าที่ความเข้มข้นแกลูโคสร้อยละ 0.22 ก็เพียงพอกับความต้องการ ดังนั้น จึงใช้ความเข้มข้นดังกล่าวในการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการรีดิวไนเตรทเป็นไนไตรท์ของเชื้อดังกล่าว ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่ากิจกรรมดังกล่าว จะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อเวลาการหมักผ่านไปประมาณ 3-4 ชั่วโมง แต่สังเกตเห็นได้ชัดเจนที่เวลาประมาณ 8 ชั่วโมงจากกราฟในภาพที่ 7 โดยเชื้อ *Mvarians* ใน Model system นี้มีจำนวนมากพอที่จะทำกิจกรรมดังกล่าว ซึ่งพบว่าสามารถเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ได้ประมาณร้อยละ 80 ที่ทุก ๆ ความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรทที่เติมลงไป หลังจากนั้นค่าไนไตรท์ที่เหลืออยู่ (Residual nitrite) ที่ตรวจพบจะลดลงเล็กน้อย ซึ่งสันนิษฐานว่าอาจมีการสลายตัวไปอยู่ในรูปสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ (NO , N_2) ซึ่งจากการศึกษาจุลศาสตร์ของ *Mvarians* ในด้านการเจริญเติบโตและการสร้างผลิตภัณฑ์พบว่าเชื้อ *Mvarians* เองสามารถสร้างกรดได้ด้วย จึงอาจทำให้ไนไตรท์ที่ได้เปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปไนไตรคออกไซด์ แต่สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเนื้อหมัก ปริมาณกรดที่สร้างจาก *Mvarians* เพียงเชื้อเดียวอาจจะไม่เพียงพอต่อการเกิดไนไตรคออกไซด์ จึงจำเป็นต้องอาศัยเชื้อชนิดอื่นที่ผลิตกรดได้ร่วมด้วย เช่น *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* สำหรับอัตราการเกิดสารประกอบไนไตรท์ หรือค่า Specific product rate (qp) พบว่าจะเริ่มมีค่าสูงที่เวลาการหมักผ่านไปประมาณ 12 ชั่วโมง ส่วนจะมีค่าสูงที่เวลาการหมักใดขึ้นกับความเข้มข้นของไนเตรทใน Model system ดังตารางที่ 2.

Table 2 Specific product rate (qp) (Residual nitrite) of *M.varians* during 48 hours (use 0.22 % glucose as initial substrate).

SODIUM NITRATE (ppm.)	TIME (HOURS)						
	6	6	12	18	24	36	48
100	0.00	1.05	48.29	22.89	14.09	8.76	5.25
200	0.04	1.04	61.44	52.94	37.50	25.32	15.38
300	0.00	1.22	67.34	84.07	60.92	40.28	24.32
400	0.02	1.06	66.54	103.38	80.24	54.62	33.77
500	0.17	1.82	73.51	111.48	101.48	68.47	42.71

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาจุลศาสตร์ของเชื้อ *Micrococcus varians* ซึ่งเป็นไนโตรเจนตรึง แบคทีเรียพบว่ามีค่า Maximum specific growth rate (μ_m) เท่ากับ 0.2534 ชั่วโมง⁻¹ และต้องการปริมาณกลูโคสอย่างน้อยที่สุดในการเจริญเติบโตให้ได้ครึ่งหนึ่งของ Exponential phase ร้อยละ 0.1799 เชื้อชนิดนี้สร้างกรดลิกเตนกับกรดแลคติกได้น้อยมาก แต่สามารถเปลี่ยนไนโตรเจนให้เป็นไนไตรท์ได้ถึง ร้อยละ 80 อย่างไรก็ตามในการใช้ประโยชน์จริง ๆ ในระบบการหมักควรมีสภาพความเป็นกรดค่อนข้างสูงเพื่อให้เกิดสมดุลแก๊สอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของไนไตรท์ ดังนั้นจึงควรใช้ *M.varians* นี้ร่วมกับแลคติกแอซิกแบคทีเรียชนิดอื่น ซึ่งจะทำได้คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ติดตามต้องการ.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์พันธุ์ชีวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนการวิจัย มา ณ โอกาสนี้ด้วย.

เอกสารอ้างอิง

- วริยจารี, ไพโรจน์. และ หันพงศ์กิตติกุล, อรุณ. (2533, 2535). ปฏิบัติการอุตสาหกรรมการหมัก. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วริยจารี, ไพโรจน์. (2535). วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมัก. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- AOAC. (1984). Official Methods of Analysis (13th edition) Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Bacus, J. (1984). Utilization of Microorganisms in Meat Processing. Research Studies Press, Ltd., England.
- Bacus, J.N., and Brown, W.L. (1981). Use of microbial cultures : Meat products. Food Technol. 35 : 74 -78, 83.
- Coretti, K. (1977). Starter cultures in the meat industry. Die Fleischwirtschaft. 3 : 368 - 388.
- Daly, C., Chance, M.L., Sandine, W.E., and Elliker, P.R. (1973). Control of *Staphylococcus aureus* in sausage by starter cultures and chemical acidulation. J. Food Sci. 38 : 426 - 430.
- Deibel, R.H., and Niven, C.F., Jr. (1957). *Pediococcus cerevisiae* : A starter culture for summer sausage. Bacteriol. Proc. 14-15.
- 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.
- Everson, C.W., Danner, W.E., and Hammes, P.A. (1970). Bacterial starter cultures in sausage products. J. Agr. Food Chem. 18 : 570-571.
- Gibbs, P.A. (1987). Novel uses for lactic acid fermentation in food preservation. J. Appl. Bacteriol. Symposium Supplement, 515-585.
- Gilliland, S.E. (1985). Bacterial Starter Cultures for Foods. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- H-kittikun, A., Wiriacharee, 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 sugars. *Analytical Chemistry* 31 : 426-428.
- Niinivaara, F.P. (1955). The influence of pure bacterial cultures on aging and changes of the red color of dry sausage. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Julkaisuja No.84, Acta Agr. Fennica (Helsinki)*. 97 : 45-49.
- Nurmi, E. (1966). Effect of bacterial inoculations on characteristics and microbial flora of dry sausage. Thesis, University of Helsinki, Finland. *Acta Agr. Fennica*. No.108.
- Pearson, D. (1976). *The Chemical Analysis of Food*. Churchill Livingstone. London and New York.
- Pirt, A.J. (1975). *Principles of Microbe and Cell Cultivation*. Blackwell Scientific Publication. London.
- Wiriacharee, 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.
-

วารสารเกษตร 9(3) : 269 - 273 (2536)

Journal of Agriculture 9(3) : 269 - 273 (1993)

การศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์หน่อไม้ฝรั่ง 5 พันธุ์

โชคชัย ไชยมงคล¹

THE STUDIES ON SEED QUALITY OF 5 ASPARAGUS VARIETIES

Chokchai Chaimongkol¹

ABSTRACTS : Studies on seed qualities of 5 asparagus varieties : Atlas, Grande, Apollo, Ida-Lee and U.C. 157 had been conducted with standard procedure of ISTA during December 1993-January 1994 at Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. All the 5 varieties contained a good quality of both seed germination percentage and seed vigor. Only the Atlas variety showed a too high seed moisture content for a safety storage in the close chamber.

บทคัดย่อ : การศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หน่อไม้ฝรั่ง จำนวน 5 พันธุ์ คือ Atlas, Grande, Apollo, Ida-Lee และ U.C. 157 ได้กระทำด้วยวิธีมาตรฐานของ ISTA ระหว่างเดือนธันวาคม 2536 ถึงเดือนมกราคม 2537 ที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผลการทดลองพบว่า คุณภาพของเมล็ดพันธุ์หน่อไม้ฝรั่งทั้ง 5 พันธุ์ ไม่ว่าจะเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดอยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อทำการทดสอบการพักตัวของเมล็ดได้หมด แต่ในค่าความชื้นของเมล็ดมีเพียงพันธุ์เดียว คือ พันธุ์ Atlas ที่มีความชื้นสูงเกินระดับที่ปลอดภัยในการเก็บรักษาในภาชนะปิด.

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200.

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

คำนำ

หน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชผักที่มีรสชาติดี และมีคุณค่าทางอาหารสูงอีกชนิดหนึ่ง หน่อไม้ฝรั่งสามารถปลูกได้ในหลายพื้นที่ของประเทศไทย นอกจากใช้บริโภคภายในประเทศแล้ว ยังส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศทั้งในเอเชียและยุโรปในรูปหน่อสดแช่แข็ง และบรรจุกระป๋อง ปัจจุบันจึงมีการส่งเสริมและขยายพื้นที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งเพิ่มมากขึ้น.

หน่อไม้ฝรั่งขยายพันธุ์ได้หลายวิธี ได้แก่ การแยกหน่อ การใช้เมล็ด และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ Anon (1989) แต่เกษตรกรยังนิยมปลูกด้วยต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดเนื่องจากไม่ยุ่งยาก เมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นเมล็ดพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ถูกผสมซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงและยังไม่มีพันธุ์ที่เหมาะสม (นิพนธ์, 2535) การเลือกเมล็ดพันธุ์หน่อไม้ฝรั่งเพื่อปลูกเป็นการค้าจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เสียก่อน เพราะหากเลือกเมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีคุณภาพ จะมีผลกระทบถึงความสมบูรณ์แข็งแรงของต้นกล้า ตลอดจนผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตในภายหลัง (Heygecker and Gibbins, 1978 และ Ware and McCollum, 1975).

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์การค้ำหน่อไม้ฝรั่ง 5 พันธุ์ โดยศึกษาถึงความชื้นของเมล็ด เปอร์เซ็นต์ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ด เพื่อใช้เป็นข้อพิจารณาในการเลือกเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมต่อไป.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนธันวาคม 2536 ถึงเดือนมกราคม 2537 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ประกอบด้วย 5 สิ่งทดลอง คือ เมล็ดหน่อไม้ฝรั่งพันธุ์ Atlas, Grande, Apollo, Ida-Lee และ U.C. 157 มีรายละเอียดการทดลองดังนี้ :

1. ทดสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ โดยวิธี Hot-air oven โดยใช้เมล็ดหน่อไม้ฝรั่งพันธุ์ละ 5 กรัม จำนวน 4 ซ้ำ นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำเมล็ดจากตู้อบใส่ในขวดโหลสุญญากาศความชื้นนาน 30 นาที และนำมาชั่งน้ำหนักคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดจากสูตรดังนี้ :

น้ำหนักสดของเมล็ดพันธุ์ - น้ำหนักแห้งของเมล็ดพันธุ์

X 100

น้ำหนักสดของเมล็ดพันธุ์

2. ทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยใช้มาตรฐานการทดสอบของ ISTA กระทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 เมล็ด นำเมล็ดไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นนำไปแช่ในน้ำธรรมดา 12 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดมาวางผึ่งบนกระดาษประมาณ 2 ชั่วโมง พอแห้งหมาด ๆ คลุกเมล็ดด้วยยาป้องกันกำจัดเชื้อรา นำมาทดสอบความงอกโดยใช้กระดาษเพาะ (Paper toweling) เป็นวัสดุเพาะ ใส่ในกล่องพลาสติกมีฝาปิดเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง วิเคราะห์และประเมินผลครั้งแรกที่ 10 วันหลังเพาะ และครั้งสุดท้ายที่ 28 วันหลังเพาะเมล็ด.

3. ทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุ (Accelerated aging test) นำเมล็ดพันธุ์ที่สุ่มนับพันธุ์ละ 400 เมล็ด ใส่ในตะแกรงลวด เติมน้ำลงในขวดเร่งอายุ (Aging bottle) 100 มิลลิลิตร วางตะแกรงลงในขวดแล้วปิดฝาให้สนิท เอาขวดไปไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในขวดประมาณ 100% เป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนด นำเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุแล้วมาทดสอบความงอกทันที โดยกระทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 เมล็ด วิธีทดสอบและการประเมินผลเช่นเดียวกับการทดสอบความงอกมาตรฐานของ ISTA.

- การวัดดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ เป็นการวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกระทำควบคู่ไปกับการทดสอบความงอกมาตรฐาน แต่ทำการตรวจนับต้นกล้าที่งอกปกติทุกวันจนครบกำหนดตามระยะเวลาของการทดสอบความงอกมาตรฐาน นำผลการตรวจนับมาคำนวณหาค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ดังนี้ :

$$\text{ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์} = \text{ผลบวกของค่า} \frac{\text{จำนวนต้นกล้าที่งอก}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองเพื่อตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หน่อไม้ฝรั่งทั้ง 5 พันธุ์ พบว่า :

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ จากตารางที่ 1 ปรากฏว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีพันธุ์ Atlas เพียงพันธุ์เดียวที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดค่อนข้างสูงคือ 11.10% ส่วนพันธุ์ Grande, Apollo, Ida-Lee และ U.C.157 มีความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 8.40, 7.40, 8.05 และ 7.70

ตามลำดับ โดยปกติเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้น 4-8% จะสามารถเก็บไว้ในภาชนะปิดได้อย่างปลอดภัย.

ความงอกของเมล็ด (ตารางที่ 1) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ Apollo, Ida-Lee และ U.C.157 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง คือ 90.00, 88.50 และ 90.50% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ Atlas มีเปอร์เซ็นต์ความงอกระดับปานกลางคือ 80.00% และพันธุ์ Grande ให้เปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำสุดคือ 73.50% ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้ทำลายการพักตัวของเมล็ดก่อนนำไปทดสอบความงอกโดยนำเมล็ดไปแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และแช่น้ำธรรมดาต่ออีก หลังจากทดสอบยังพบว่าเมล็ดแข็งอยู่โดยเฉพาะพันธุ์ Grande มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็งสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ ดังนั้น การทำลายการพักตัวโดยวิธีนี้จึงไม่สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้หมด.

Table 1. Seed germination, seed moisture content and seed vigor of asparagus 5 varieties.

Varieties	Seed moisture content (%)	Percent seed germination	Seed vigor	
			Germination index	Accelerated aging test (%)
Atlas	11.10 ^a	80.00 ^b	8.90 ^c	83.00 ^b
Grande	8.40 ^b	73.50 ^c	8.09 ^d	78.50 ^c
Apollo	7.40 ^b	90.00 ^a	10.03 ^b	92.75 ^a
Ida-Lee	8.05 ^b	88.50 ^a	9.87 ^b	90.50 ^a
U.C.157	7.70 ^b	90.50 ^a	10.74 ^a	93.00 ^a

Note : Column means with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$.

ความแข็งแรงของเมล็ดในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ 2 วิธี พบว่า :

- ความแข็งแรงของเมล็ดโดยวิธีเร่งอายุ (ตารางที่ 1) มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยมีหน่อไม้ฝรั่ง 3 พันธุ์ ที่ให้ความงอกสูงเกิน 90% ได้แก่พันธุ์ U.C.157, Apollo, Ida-Lee คือ 93.00, 92.75 และ 90.50 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ Atlas ให้ความงอกสูงปานกลางคือ 83.00% และพันธุ์ที่ให้ความงอกต่ำสุดคือพันธุ์ Grande ให้ความงอกเท่ากับ 78.50% อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า

เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์หลังจากผ่านการเร่งอายุแล้วจะสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ทำการเร่งอายุเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะว่านอกจากจะผ่านการแช่น้ำร้อนเช่นเดียวกันแล้วยังผ่านการเร่งอายุด้วย ซึ่งจะช่วยให้การงอกของเมล็ดดีขึ้น ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเพิ่มขึ้น.

- คำนวณความงอกของเมล็ด (ตารางที่ 1) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังจะเห็นได้ว่าพันธุ์ U.C.157 มีดัชนีความงอกสูงกว่าพันธุ์อื่น คือ 10.74 รองลงมาได้แก่พันธุ์ Apollo และ Ida-Lee คือ 10.03 และ 9.87 ตามลำดับ สำหรับพันธุ์ Atlas มีดัชนีความงอกเท่ากับ 8.90 ซึ่งทั้ง 4 พันธุ์ข้างต้นมีอัตราการเจริญของต้นอ่อนอยู่ในเกณฑ์ดี ดังนั้นการทำลายการพักตัวของเมล็ดโดยวิธีแช่น้ำร้อนจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับทั้ง 4 พันธุ์ดังกล่าว ส่วนพันธุ์ Grande มีดัชนีความงอกต่ำสุดคือ 8.09 อาจเป็นเพราะว่ามีอายุการพักตัวนานกว่าพันธุ์อื่น การนำเมล็ดไปแช่น้ำร้อนก่อนนำไปเพาะจึงไม่สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้หมด.

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หน่อไม้ฝรั่งทั้ง 5 พันธุ์ ในด้านความชื้นของเมล็ด มีเพียงพันธุ์เดียวคือพันธุ์ Atlas ที่มีความชื้นสูงกว่าระดับที่ปลอดภัยเมื่อเก็บไว้ในภาชนะปิด ดังนั้นจึงควรทำการลดความชื้นของเมล็ดลงมาให้อยู่ในระดับ 4-8% ส่วนอีก 4 พันธุ์ มีความชื้นของเมล็ดอยู่ในระดับที่ปลอดภัยในการเก็บรักษาในภาชนะปิด ด้านความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดทุกพันธุ์อยู่ในเกณฑ์ดี แต่ควรมีการทำลายการพักตัวของเมล็ดให้หมดก่อนนำไปเพาะ สำหรับพันธุ์ Grande ซึ่งมีอายุการพักตัวค่อนข้างนาน ควรใช้วิธีการอื่นที่เหมาะสมในการทำลายการพักตัวแทนวิธีการแช่น้ำร้อน.

เอกสารอ้างอิง

- ไชยมงคล, นิพนธ์. (2535). หน่อไม้ฝรั่ง. ภาควิชาพืชสวน, คณะผลิตกรรมการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, เชียงใหม่.
- ประกอบบุญ, นงลักษณ์. (2528). การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์. สำนักพิมพ์เอเคียนสตรี, กรุงเทพฯ.
- Anon. (1989). How to cultivate asparagus. Department of Agriculture and Forestry, Taiwan. R.O.C. P.1-17.
- Heygecker, W. and Gibbins, B.M. (1978). The priming of seeds. Acta Hort, 83; 213-223.
- Ware, W.G. and Mc Collum, P.J. (1975). Producing vegetable crops. The Interstate Printers & Publishers, Inc. Danville, Illinois, USA.

ธาตุอาหารพืชกับคุณภาพของผลผลิตกาแฟอะราบิก้า

1. ปัญหาในแปลงปลูกและแนวทางในการแก้ไข

พิทยา สรวมศิริ ¹

PLANT NUTRITION AND YIELD QUALITY OF ARABICA COFFEE 1. PROBLEMS IN PLANTATION AND HOW TO SOLVE

Pittaya Srumsiri ¹

ABSTRACT : Balance of plant nutrients is one of the main factors affecting yield (amount and quality) and problems of die-back and rust disease in Arabica coffee. Many experiments have been conducted to find out the appropriate method for plant nutrient management and fertilizer applications. The results and suggestions are however not success by implication at the farm level. Amount and timing of fertilizer application should be based on : plant need at each developmental stage, effect of fertilizer on nutrient accumulation in leaves as well as relation between nutrient in leaves and yield potential. Related research results will be reported in a serie.

บทคัดย่อ : ความสมดุลของธาตุอาหาร นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิต ตลอดจนปัญหาทั้งแห้งตาย และโรคราสนิมในกาแฟอะราบิก้า ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับความจำเป็นและวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการใส่ปุ๋ยให้กับต้นกาแฟอย่างสม่ำเสมอตลอดมา แต่แนวคิดจากผลการทดลองต่างๆ ยังมีข้อจำกัด เมื่อนำไปปฏิบัติในสภาพพื้นที่จริง ปริมาณและระยะเวลาที่ควรใส่ปุ๋ย ควรพิจารณาจากความต้องการธาตุอาหารในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต ผลกระทบของปุ๋ยต่อปริมาณธาตุอาหารในใบ และความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในใบกับความสามารถในการให้ผลผลิตด้วย.

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200.

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

การเพาะปลูกกาแฟอาราบิก้า บนภูเขาทางภาคเหนือของประเทศไทย ต้องประสบปัญหาสำคัญ 2 ประการ คือ ปัญหาด้านการเพาะปลูก และปัญหาเกี่ยวกับราคาซึ่งขึ้นลงไม่แน่นอน ในส่วนปัญหาการเพาะปลูก กาแฟอาราบิก้าที่ให้ผลผลิตติดต่อกันระยะหนึ่ง มักจะแสดงอาการของโรค 2 ชนิด คือ โรคกิ่งแห้งตายและโรคราสนิม.

โรคกิ่งแห้งตาย เป็นชื่อเรียกตามอาการที่ต้นพืชแสดง คือ กิ่งกาแฟจะเริ่มจากการตายของใบ ต่อมาจะเริ่มแห้งจากปลายกิ่งเข้าหาโคนกิ่ง ลักษณะกิ่งกล่ำวไม่ใช่เกิดจากเชื้อโรคหรือแมลงโดยตรง แต่เป็นอาการผิดปกติที่เกิดจากผลกาแฟดึงเอาอาหารสะสมจากใบและกิ่งไปเลี้ยงผลและเมล็ดจนหมด ทำให้กิ่งขาดอาหาร จึงแห้งตายไปในที่สุด (Cannell, 1985) อาการกิ่งกล่ำวจะพบในกาแฟที่ปลูกกลางแจ้ง และให้ผลผลิตติดต่อกันมาระยะหนึ่ง และสวนกาแฟนั้นขาดการดูแลรักษาอย่างเพียงพอ.

ส่วนโรคราสนิม ซึ่งเป็นโรคสำคัญของกาแฟอาราบิก้า ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Hemileia vastatrix* โรคนี้พบโดยทั่วไปในแหล่งปลูกกาแฟอาราบิก้าของโลก ซึ่งจากการศึกษาในหลายพื้นที่พบว่า การระบาดของโรคนี้จะรุนแรงมากขึ้นในสวนกาแฟที่ขาดการดูแลรักษาและต้นกาแฟอ่อนแอกว่าปกติ.

จะเห็นได้ว่าปัญหาสำคัญในการเพาะปลูกกาแฟได้กล่ำวแล้วข้างต้น ทั้งปัญหากิ่งแห้งตายและปัญหาโรคราสนิม จะมีสมมติฐานของปัญหามาจากที่เดียวกันคือ "ต้นกาแฟขาดความสมดุลย์ของธาตุอาหารและธาตุอาหารสะสม" ซึ่งการให้ผลผลิตมาก (Overbearing) นับเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหา เนื่องจากผลกาแฟจะมีคุณสมบัติในส่วนที่เรียกว่า Sink effect คือนำพลังงานเป็นพิเศษ จนสามารถดึงเอาอาหารสะสมจากกิ่ง ใบ ลำต้น และแม้แต่มารากมาใช้สำหรับการเจริญเติบโตของผลได้ (Cannell, 1985) นอกจากนี้ กาแฟยังเป็นพืชที่มีลักษณะพิเศษที่จะพยายามเลี้ยงผลให้เจริญเติบโตอย่างเต็มที่และไม่ยอมสลัดผลทิ้ง ถึงแม้ว่าต้นจะขาดอาหารหรือความสมดุลย์ระหว่างอาหารที่สร้างจากใบกับที่ผลต้องการจะไม่ได้สัดส่วนกันก็ตาม (Janardhan et. al. 1971) สภาวะเช่นนี้เองที่ส่งผลให้ต้นกาแฟอ่อนแอลงไปเรื่อย ๆ เมื่อให้ผลผลิตมาก และต้นขาดการดูแลรักษา ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ๆ เมื่อต้นอ่อนแอและเริ่มมีปัญหากิ่งแห้งตาย และโรคราสนิมเข้าทำลาย จำนวนดอก จำนวนผล และคุณภาพของผลผลิตก็จะลดลงในที่สุดด้วย.

การดูแลรักษาค้นกาแฟอย่างดี โดยให้น้ำและธาตุอาหารกับต้นพืชอย่างเพียงพอ นับว่าเป็นวิธีการแก้ไขที่เป็นที่ยอมรับกันในทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัติยังมีข้อปัญหาที่ยังต้องการการศึกษาอีกมากถึงความพอเหมาะ ทั้งชนิดธาตุอาหาร ระยะเวลาและปริมาณที่จะใช้ เป็นต้น Srumsiri (1988) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของระดับการจัดการที่มีต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของกาแฟอะราบิกาพันธุ์ Catimor ติดต่อกันนาน 5 ปี โดยเปรียบเทียบระดับการจัดการ 3 ระดับ ซึ่งในแต่ละระดับจะมีตัวแปรที่สำคัญคือ การให้น้ำ การให้ปุ๋ย และการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา (Cu-fungicide) ในกรณีของปุ๋ยจะเป็นการแปรผันของความถี่ในการให้ โดยที่ปริมาณปุ๋ยรวมตลอดปีเท่ากัน สรุปผลการทดลองดังตารางที่ 1.

Table 1. Effect of Coffee management on node number, leaf number and yield of 5 years old Arabica coffee.

Growth and Yield	Management level ^v		
	High	Medium	Low
Node number/plant	453.7 ^{ab}	270.4 ^b	251.7 ^b
Leaf number/plant	3076.6 ^a	1407.3 ^b	1739.8 ^b
Cherry yield/plant (kg)	4.374 ^a	2.365 ^b	2.902 ^b
Leaf area/cherry (cm ²)	66.1 ^a	64.7 ^a	57.0 ^b
Accumulate yield from 5 years/plant (kg) ^z	16.506 ^a	12.601 ^b	11.813 ^b

- ^v - High - six time fertilizer application (bimonthly) and fortnightly irrigation
 - Medium - three times fertilizer application (bimonthly in rainy season) and once a month irrigation
 - Low - two times fertilizer application in rainy season and no irrigation
 - Total amount of fertilizers were similar by all the three levels

^z Means in the same row with different alphabet are significantly different at P<0.05.

^z Three years harvesting.

จากผลการทดลอง Srumsiri (1988) ได้สรุปและวิจารณ์ผลเป็นแนวทางในการใช้ปุ๋ยกับกาแฟไว้ ดังนี้ :

1. ควรให้ปุ๋ยกับต้นกาแฟครั้งละน้อยๆ แต่บ่อยครั้ง จะดีกว่าการให้ครั้งละมาก ๆ แต่น้อยครั้ง ช่วงระยะเวลาที่ควรจะต้องเน้นการใส่ปุ๋ยเป็นพิเศษคือ ช่วงต้นกาแฟพักตัวหลังให้ผลผลิต เพื่อเร่งการฟื้นตัวและสะสมอาหารของต้นกาแฟก่อนการให้ผลผลิตครั้งต่อไป ซึ่งในทางปฏิบัติอาจมีปัญหาเนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวจะตรงกับช่วงฤดูแล้งพอดี (ธันวาคม-มีนาคม) ดังนั้น ถ้ามีน้ำพอเพียงอาจให้ปุ๋ยในช่วงดังกล่าวได้ แต่ถ้าเป็นพื้นที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน การให้ปุ๋ยทางดินและทางใบ ควรกระทำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอในช่วงผลกำลังเจริญเติบโต (ฤดูฝน) Cannell (1974) พบว่า ช่วงที่ผลกาแฟกำลังเจริญเติบโตจะมีความต้องการธาตุอาหารสูงมาก บางครั้งพบว่าผลจะใช้ธาตุอาหาร NPK ไปถึง 95% ของปริมาณรวมที่รากพืชดูดซับมาได้.

2. ปุ๋ยไนโตรเจนจะจำเป็นต่อต้นกาแฟในด้านการเพิ่มความสามารถในการทนแล้งได้ด้วย ในขณะที่ธาตุอาหารรอง เช่น สังกะสี จะช่วยเพิ่มความทนแล้งได้เช่นกัน (Bozhenko, 1965) และทองแดงจะช่วยเพิ่มจำนวนใบ โดยลดการร่วงของใบ และช่วยเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิตได้ (ประภาวิทย์ และสรวมศิริ, 2531).

3. การให้ปุ๋ยกาแฟที่เหมาะสม จะต้องพิจารณาจากฤดูกาลและพัฒนาการของผลประกอบกัน ซึ่งอาจจะใช้แนวทางดังแสดงในตารางที่ 2 เป็นข้อพิจารณาได้.

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากผลการทดลองและข้อเสนอแนะแนวทางการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตกาแฟของ Srumsiri (1988) ดังกล่าวข้างต้น ยังเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นอยู่มาก ธาตุอาหารที่ได้ให้กับต้นพืชได้ส่งผลกระทบอย่างไรต่อปริมาณธาตุอาหาร และอาหารสะสมภายในต้นกาแฟ และความสัมพันธ์ของธาตุอาหารในดิน ในใบกาแฟ กับการให้ผลผลิตกาแฟเป็นอย่างไร ยังต้องการการศึกษาขั้นต่อไป ซึ่งถ้าเป็นไปได้การใช้ปริมาณธาตุอาหารในใบกาแฟมาเป็นตัวบ่งชี้ความต้องการปุ๋ยของต้นกาแฟ น่าจะเป็นแนวทางที่น่าจะพัฒนาต่อไปให้ได้ เพื่อให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น และช่วยลดต้นทุนการผลิตได้.

Table 2. Annual plan for fertilizers application in relation to fruit developmental stage.

Month	Developmental stage	Fertilizer used	Purpose
January - March	Recovering	Foliar spray of $\text{KNO}_3 + \text{ZnSO}_4$	drought resistance
April	Recovering	15-15-15	Starting nutrients for vegetative development and blooming
Late May-June	Pinhead	27-0-0	Development of vegetative parts
August	Pericarp growth and development of endosperm	15-15-15	Full supply of nutrient source
October	Later stage of fruit growth	15-15-15	cover the requirement of fruits at later developmental stage

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณธาตุอาหารในคั้นกาแฟกับในผลกาแฟ ได้มีการศึกษาไว้พอสมควร ดังนี้ :

Willson (1985) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบของผลกาแฟในส่วนที่เป็นธาตุอาหารปรากฏผลดังนี้

Table 3. Mineral content of 1 ton coffee fruit.

Fruit parts	Mineral content (kg)		
	Nitrogen	Phosphorus	Potassium
Fruit pulp	15.33	3.67	27.40
Parchment	2.27	0.30	1.87
Bean	45.50	7.67	37.90
Total	63.10	11.64	67.27

กชกร (2537) ได้วิเคราะห์ใบกาแฟระยะวัยต่างๆในช่วงพัฒนาการของผลระยะต่าง ๆ พบการผันแปรของธาตุอาหารที่น่าสนใจ ดังตารางที่ 4.

Table 4. Mineral content of coffee leaf at different stage of fruit development.

Mineral	Optimum content ^v	Leaf content (ppm)		
		Pinhead (May)	Fruit expansion (September)	Ripening (December)
Nitrogen	2.5 - 3.0	1.50	2.04	1.74
Phosphorous	0.15 - 0.20	1.30	0.16	0.16
Ferous	70 - 200	192	151	106
Mangenesese	50 - 100	187	208	118
Copper	16 - 20	30	21	24
Zinc	15 - 30	46	17	16

^v Optimum range suggested by Cannell (1965)

งานทดลองนี้ได้ชี้แนวโน้มความต้องการธาตุอาหารของต้นกาแฟ อายุ 3 ปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และสังกะสี ซึ่งจะมีความต้องการค่อนข้างมาก ตลอดช่วงเวลาพัฒนาของผล ซึ่งรายละเอียดงานวิจัยในส่วนนี้จะได้รายงานต่อไป.

สรุปผลการทดลอง

ธาตุอาหารนับเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของกาแฟอาราบิก้า การขาดธาตุอาหารจะส่งผลให้เกิดปัญหาทั้งแห้งตายและการเป็นโรคราสนิม อย่างไรก็ตาม การเพิ่มธาตุอาหารให้กับต้นกาแฟอย่างเหมาะสมและคุ้มค่าต่อการลงทุน ยังต้องการการศึกษาอีกมากทั้งส่วนของชนิดของธาตุอาหาร ปริมาณและระยะเวลาที่ควรจะให้ปุ๋ย ข้อมูลดังกล่าวควรอยู่บนพื้นฐานของผลกระทบของปุ๋ยที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารภายในใบ และความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในใบพืชกับความสามารถในการให้ผลผลิตด้วย การศึกษาเรื่องนี้ได้ดำเนินการในช่วงปี พ.ศ. 2536-2537 และจะได้รายงานต่อไป.

เอกสารอ้างอิง

- ประภาวิทย์, วรวิทย์ และ สรวมศิริ, พิตยา. 2531. การศึกษาพฤติกรรมของปากใบกาแฟอาราบิก้า 2. อิทธิพลของธาตุทองแดงในสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา. วารสารเกษตร 4(3) : 163-167.
- นริศ อัมมัม. 2534. การใช้สารเคมีกับกาแฟอาราบิก้าเพื่อความทนแล้ง. วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 107 หน้า.
- Cannell, M.G.R. (1974). Factors affecting arabica coffee bean size in Kenya. J.Hort.Sci. 49 : 65-76.
- Cannell, M.G.R. (1985). Physiology of coffee crop. In M.N. Clifford and K.C. Willson (eds.) Coffee; Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. AVI Publishing Company, Inc. pp. 108-34.
- Janardhan, K.V., N.H. Gopal and P.K. Ramaian. (1971). Carbohydrate reserves in relation to vegetative growth flower bud formation and crop levels in Arabica coffee. Indian Coffee, 35 : 104.
- Sruamsiri, P. (1988). Study on different levels of coffee management. Final Report submitted to Highland Coffee Research and Development Center. 131 p.
- Willson, K.C. (1985). Mineral Nutrition and fertilizer needs, Physiology of the coffee crops. In M.N. Clifford and K.C. Willson (eds). Coffee; Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. AVI Publishing Company, Inc. p. 135-156.

ธาตุอาหารพืชกับคุณภาพผลผลิตกาแฟอาราบิก้า
2. ผลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุ ที่มีต่อ
การเจริญเติบโตและผลผลิตของกาแฟในสภาพไม่มีร่มเงา

กชกร ป้อมน้อย ¹, มานัส แสนมณีชัย ² และ พิตยา สรวมศิริ ¹

PLANT NUTRITION AND YIELD QUALITY OF
ARABICA COFFEE 2. EFFECT OF NITROGEN,
PHOSPHOROUS AND MICRONUTRIENT ON GROWTH
AND YIELD OF UNSHADED COFFEE PLANTS

Kochakorn Pomnoi ¹, Manas Sanmaneechai ² Pittaya Sruamsiri ¹

ABSTRACT : Effects of nitrogen, phosphorous and micronutrients on growth and yield were studied on Arabica coffee plant (4 years of age) grown unshaded at Khun-Changkian Highland Agricultural Research and Training Centre, Chiang Mai. Nitrogen fertilizer at the rate of 16-32 Kg N/rai could significantly increase both plant height and node number. Nitrogen could also enhance yield by increase bean dry weight at the same fruit size. This effect of nitrogen could also achieve through phosphorous and micronutrient fertilizers. Phosphorous and micronutrients showed however no significant effect on plant growth.

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 50200.

² ภาควิชาปรับปรุงดินและอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 50200.

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

² Department of Soil Science and Conservation, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ : จากการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกาแฟระบือ อายุ 4 ปี ที่ปลูกอยู่ในสภาพกลางแจ้ง ของสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรกรที่สูงชันข้างเขื่อนจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 16-32 กก. N/ไร่ มีผลทำให้ต้นกาแฟมีการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งด้านความสูงและจำนวนข้อ ตลอดจนช่วยเพิ่มผลผลิตได้ โดยเพิ่มน้ำหนักของสารกาแฟแต่ไม่เพิ่มขนาดผล ในขณะที่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและจุลธาตุจะไม่มีผลเด่นชัดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต แต่จะเพิ่มน้ำหนักของสารกาแฟได้เช่นเดียวกับไนโตรเจน.

คำนำ

ในการปลูกกาแฟระบือที่พื้นที่สูงภาคเหนือของประเทศไทย เกษตรกรมักประสบปัญหาเกี่ยวกับอาการยอดแห้งตาย (Die back) หรือผลแห้งตายคาต้น ซึ่งส่งผลให้ต้นพืชอ่อนแอ ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตลดลง การขาดแคลนธาตุอาหารที่จำเป็น ตลอดจนการขาดความสมดุลระหว่างธาตุอาหารชนิดต่างๆ อาจเป็นสาเหตุของอาการดังกล่าวได้ ดังนั้นการเพิ่มปุ๋ยให้กับต้นกาแฟอาจเป็นหนทางแก้ไขปัญหานี้ได้ อย่างไรก็ตาม การจัดการในส่วนนี้ยังขาดข้อมูลวิจัยอีกจำนวนมากเพื่อกำหนดวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งข้อมูลที่ต้องการจะต้องพิจารณาถึงแต่ลักษณะของดินปลูกไปจนถึงพฤติกรรมของต้นพืชด้วย.

Lampaopong *et. al.* (1985) พบว่า สภาพดินทั่วไปของแปลงปลูกกาแฟพื้นที่บนภูเขาสูงภาคเหนือของไทยจะมีความลาดชันเฉลี่ย 10.14% ดินบนมี pH 4.5-6.5 อินทรีย์วัตถุ 2.0-11.7% และฟอสฟอรัสเฉลี่ย 7.4 ppm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก นอกจากนี้ยังมีจุลธาตุค่อนข้างต่ำ โดยมีธาตุเหล็ก 15.6 แมงกานีส 2 ทองแดง 0.3 และธาตุสังกะสี 0.5 ppm เท่านั้น ดังนั้น ในการปลูกกาแฟเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีจึงจำเป็นต้องปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินให้เพียงพออยู่เสมอ.

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีปัญหาสำหรับการปลูกกาแฟบนที่สูง ทั้งนี้เพราะธาตุนี้จะสูญเสียไปจากดินได้ง่ายและหลายทาง เช่น ถูกชะล้างโดยน้ำ ระเหยไปในรูปก๊าซ จุลินทรีย์ในดินนำไปใช้ ตลอดจนถูกเคลื่อนย้ายไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวออกไป (Snoeck and Jadin, 1990) กาแฟที่ปลูกโดยไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่มากกว่ากาแฟที่ปลูกภายใต้ร่มเงา (Haarer, 1962) นอกจากนี้ กาแฟจะตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนได้ดีมาก การเพิ่มไนโตรเจนอย่างเพียงพออาจช่วยเพิ่มผลผลิตได้ถึง 30% (Miskin *et. al.*, 1972) ผลกระทบของปุ๋ยไนโตรเจนต่อต้นกาแฟที่เด่นชัดคือ ช่วยเร่งการเจริญเติบโตทางลำต้น กิ่งก้าน และใบ Mitchell (1988) รายงานว่า ไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มจำนวนดอกต่อข้อ และการติดผลได้ด้วย.

กาแฟจะต้องการธาตุฟอสฟอรัสที่น้อยกว่าในโตรเจนมาก แต่ในสภาพแปลงปลูก กาแฟก็มักประสบปัญหาการขาดธาตุนี้ได้เสมอ เนื่องจากดินที่ใช้ปลูกกาแฟมักจะมีอัตราการสร้าง ฟอสฟอรัสค่อนข้างสูง เนื่องจากดินเป็นกรดจัด และมีปริมาณเหล็ก หรืออลูมิเนียมออกไซด์หรือ ไฮดรอกไซด์สูง จึงทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัสและเกิดการตกตะกอน ทำให้ความเป็นประโยชน์ ของฟอสฟอรัสลดลง (Sanchez, 1976, Tisdale *et. al.*, 1985) แต่ธาตุนี้ก็จำเป็นสำหรับ เมตาบอลิซึมของพืช ตลอดจนการเจริญเติบโตของลำต้น ราก และการออกดอกติดผล ธาตุนี้จะมี ผลกระทบต่อการให้ผลผลิตกาแฟน้อยกว่าในโตรเจน แต่จะมีความสำคัญมากขณะที่กาแฟมีอายุน้อย โดยทั่วไปกาแฟจะมีระดับฟอสฟอรัสในใบประมาณ 0.10-0.16% ถ้ามีน้อยกว่านี้ถือว่าพืชขาดธาตุ ฟอสฟอรัส River and Martin (1988) ทดลองกับกาแฟที่ปลูกในดินที่มี Available P = 26.4 ppm พบว่า การเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสจะช่วยเพิ่มผลผลิตได้มากถึง 115% ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วร่วมกับ ข้อมูลของ Lampaopong *et. al.* (1985) ที่พบว่าดินปลูกกาแฟบนที่สูงภาคเหนือของไทย จะมี ค่า Available P เพียง 7.4 ppm เท่านั้น การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง นภาพร อมรจิตติ (2521) พบว่า ในการสร้างเมล็ดกาแฟ 1,000 กก. ดินกาแฟต้องการใช้ฟอสฟอรัสจาก ดินไม่น้อยกว่า 15-20 กก.

ธาตุจะมีความสำคัญต่อกาแฟเช่นเดียวกับในโตรเจนและฟอสฟอรัส แม้ว่าจะต้อง การในปริมาณไม่มากเท่า Lambat (1987) พบว่า ธาตุสังกะสีมีผลต่อขนาดของผล ตลอดจน กลิ่นและรสชาติของกาแฟ นริศ อัมรัมย์ (2534) พบว่า สังกะสีจะช่วยเพิ่มความทนแล้งให้กับ กาแฟได้ นภาพรอมรจิตติ (2521) รายงานว่า กาแฟบนที่สูงมักจะแสดงอาการขาดสังกะสีได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มที่ปลูกบนพื้นที่ชันบันได ประภาวิทย์ และธรรมศิริ (2531) รายงานว่า ธาตุทองแดงใน Cu-fungicide จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงได้ ธาตุโบรอนจะช่วย เพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยในโตรเจน แคลเซียม และโปแตสเซียมได้.

จากรายงานการวิจัยดังกล่าวมาแล้วทั้งหมด จะเห็นได้ว่ากาแฟเป็นพืชที่มีความ ต้องการธาตุอาหารพืชมากทั้งปริมาณและชนิด จากการสังเกตในหลาย ๆ กรณี พบว่า กาแฟ เป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารมากในช่วงการติดผล จนกระทั่งผลสุก ซึ่งในเรื่องนี้ก็ยังไม่มีการ ทดลองยืนยันภายใต้สภาพแปลงปลูกของไทย ดังนั้น การทดลองครั้งนี้จึงอาจใช้เป็นแนวทาง พิจารณาการให้ปุ๋ยกับดินกาแฟอย่างเหมาะสมและคุ้มค่าการลงทุนต่อไป.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในพืชทดลองเป็นกาแฟอาราบิก้าสายพันธุ์ Catimor 90 อายุ 4 ปี จำนวน 108 ต้น ซึ่งปลูกกลางแจ้ง ด้วยระยะปลูก 2x2 เมตร อยู่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรที่สูงขุนช้าง-เคียน วางแผนการทดลองแบบ 2x3x3 Factorial in split block design มีชุดธาตุ 2 ระดับ (+ และ -) เป็น Main plot มี Combination ของไนโตรเจน (N) 3 ระดับ (0, 16 และ 32 กก. N/ไร่) และฟอสฟอรัส (P) 3 ระดับ (0, 8 และ 16 กก. P₂O₅/ไร่) เป็น Sub plot รวมเป็น 18 กรรมวิธี (Treatment) ทำ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ต้นกาแฟ 2 ต้น.

การใส่ปุ๋ย : ปุ๋ยฟอสฟอรัสใส่ครั้งเดียวเมื่อผลอยู่ในระยะ Pinhead stage ส่วนปุ๋ยไนโตรเจน แบ่งใส่ 3 ครั้งในระยะพัฒนาการของผลเป็น Pinhead (มิถุนายน), Bean formation (กันยายน) และ Ripening (พฤศจิกายน) และการพ่นจุลินทรีย์ให้ทางใบ กระทำเดือนละ 1 ครั้งติดต่อกัน 6 เดือน (กรกฎาคม-ธันวาคม)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การบันทึกข้อมูล : เก็บตัวอย่างดินเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (ก่อนใส่ปุ๋ย) เพื่อตรวจสอบปริมาณธาตุอาหาร ตรวจสอบการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนข้อของกิ่งกลางทรงพุ่ม และการให้ผลผลิต ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบกาแฟในแต่ละช่วงพัฒนาการของผล.

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. คุณสมบัติของดินปลูก

ในตารางที่ 1 เป็นคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินในระดับความลึก 0-15 ซม. ทำการขุดเจาะเพื่อนำมาวิเคราะห์ก่อนเริ่มใส่ปุ๋ย ตามกรรมวิธีของการทดลอง.

อาจนับได้ว่าดินที่ปลูกกาแฟของแปลงทดลองนี้ มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสและโปแตสเซียม อาจเนื่องจากผลตกค้างของธาตุอาหารจากปุ๋ยที่ได้ให้กับต้นกาแฟอย่างสม่ำเสมอติดต่อกันมานาน 3 ปีแล้ว.

Table 1. Physical and chemical properties of soil at 0-15 cm.

Properties	Soil
Physical :	
Texture	Sandy clay
Sand (%)	53.1
Clay (%)	22.9
Density (g/cm ³)	1.13
Poration (%)	46.6
Chemical :	
pH	5.5
Organic matter (%)	5.4
Nitrogen (%)	0.15 - 0.18
Phosphorous (ppm)	48.0
Potassium (ppm)	253
Ferous (ppm)	10
Manganese (ppm)	10
Copper (ppm)	0.5
Zinc (ppm)	2.0

2. ผลกระทบต่ออัตราการเพิ่มความสูงและจำนวนข้อ

การศึกษานี้มีผลของธาตุอาหารที่มีต่ออัตราการเพิ่มความสูง กระทำโดยวัดความสูงและนับจำนวนข้อของต้นกาแฟเมื่อเริ่มทดลอง (มิถุนายน) และตรวจวัดและนับอีกครั้งหนึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ธันวาคม) ค่าความสูงและจำนวนข้อที่เพิ่มขึ้นเป็นอัตราการเพิ่มความสูงและจำนวนข้อ ดังแสดงผลการศึกษาในตารางที่ 2.

Table 2. Effect of micronutrients, nitrogen and phosphorous on plant height and node number of Arabica coffee cultivar Catimor 90.

Fertilizer	Increase of ⁱ plant height (cm)	Increase of ^v node number
Micronutrient (Kg/rai)		
0	9.00 ²	2.5
2.4	10.39	2.4
Nitrogen (kg N/rai)		
0	6.94 ^{b, v}	1.8 ^b
16	10.69 ^a	2.7 ^a
32	11.44 ^a	2.8 ^a
Phosphorous (kg P ₂ O ₅ /rai)		
0	10.86	2.5
8	8.58	2.1
15	9.63	2.7

^v Increase within 7 months in year 4 of age^v Factors showed no interaction.^a Means (under each factor and within column) with different superscripts differ significantly (P<0.05), those without superscript were not significant difference.

จะเห็นได้ว่าเฉพาะธาตุไนโตรเจนที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มความสูงและจำนวนข้อของต้นกาแฟได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ฟอสฟอรัสและจุลธาตุไม่แสดงผลอย่างเด่นชัด การตอบสนองของต้นกาแฟต่อธาตุไนโตรเจนจะเห็นได้อย่างชัดเจน แม้จะใช้ปริมาณเพียง 16 กก N/ไร่ ก็ตาม ผลของการทดลองนี้ยืนยันงานของ Cervellini *et. al.* (1989) ซึ่งพบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ต้นกาแฟสูงเพิ่มขึ้นได้ 5-10% และของ Cannell (1985) ซึ่งพบว่าธาตุไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มจำนวนข้อได้.

การที่ต้นกาแฟตอบสนองต่อการปุ๋ยไนโตรเจนได้ดีมาก แม้จะใช้ในอัตราต่ำแสดงให้เห็นความจำเป็นของการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนให้กับต้นกาแฟในระหว่างการติดผล และระหว่างผลกำลังเจริญเติบโต ซึ่งจะช่วยให้การเจริญเติบโตทางลำต้น กิ่ง ใบ ตีขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม การเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนควรจะต้องพิจารณาว่าธาตุไนโตรเจนจะสูญหายจากดินได้ค่อนข้างเร็วเนื่องจากการถูกระล้างของน้ำฝน วิธีการที่เหมาะสมน่าจะเป็นลักษณะของการทยอยใส่บ่อย ๆ ในปริมาณ ครั้งละน้อย ๆ.

ในการทดลองครั้งนี้ต้นกาแฟจะตอบสนองต่อธาตุฟอสฟอรัสไม่ดี อาจจะเนื่องจากดินปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัส (Available P) สูงอยู่แล้ว.

3. ผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิต

ปริมาณและคุณภาพผลผลิตต่อไร่ได้จาก การนำค่าเฉลี่ยของผลผลิตสดและผลผลิตสารกาแฟของแต่ละต้น คูณค่า จำนวนต้น 400 ต้น/ไร่ (ระยะปลูก 2x2 ม.) ส่วน % Bean weight เป็นค่าเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารกาแฟจากผล 100 ผล เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักสดของผลชุดเดียวกัน.

ทำนองเดียวกับผลกระทบที่มีต่อการเจริญเติบโตของลำต้นและจำนวนข้อ ปุ๋ยไนโตรเจน จะช่วยเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเพิ่มผลผลิตสดจาก 714.1 กก/ไร่ เป็น 826.3 และ 856.4 กก/ไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา 16 และ 32 กกN/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนไม่ทำให้น้ำหนัก 100 ผล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะทำให้ % Bean weight เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด แสดงว่าปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยไปเพิ่มปริมาณสารกาแฟมากกว่าส่วนของเนื้อผลและกะลา ซึ่งนับว่าเป็นข้อดีของธาตุไนโตรเจนที่น่าสนใจมาก เพราะส่วนที่เรานำไปใช้ประโยชน์คือ ส่วนของสารกาแฟ.

ธาตุฟอสฟอรัสและจุลธาตุมีผลต่อการเพิ่มเนื้อสารกาแฟเช่นกันแม้ว่า จะไม่สามารถทำให้ผลผลิตสดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ จุลธาตุยังทำให้น้ำหนัก 100 ผล เพิ่มขึ้นกว่าที่ไม่ได้ฉีดพ่นจุลธาตุด้วย แสดงว่าจุลธาตุจะช่วยเพิ่มขนาดผลได้ด้วย.

ตรงจุดนี้อาจกล่าวโดยรวมได้ว่า การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุให้กับต้นกาแฟระหว่างการติดผลเป็นสิ่งจำเป็น เพราะจะช่วยเพิ่มผลผลิตสารกาแฟได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าจะมุ่งเน้นถึงผลผลิตสด เกษตรกรควรให้ความสนใจกับไนโตรเจนให้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินปลูกที่มีธาตุฟอสฟอรัส (Available P) ค่อนข้างสูง.

Table 3. Effect of micronutrient, nitrogen and phosphorous on yield and yield component of Arabica coffee cultivar Catimor 90.

Fertilizer	Cherry yield ¹ (kg/rai)	Bean (kg/rai)	100 Cherry ¹ weight (g)	% Bean ¹ weight
Micronutrient (kg/rai)				
0	756.8	145	124.1 ^b	62.04 ^b
2.4	841.8	162.3	131.0 ^a	64.81 ^a
Nitrogen (kg N/rai)				
0	714.1 ^{b, a'}	141.8	126.3	55.56 ^c
16	826.3 ^a	158.6	126.7	65.00 ^b
32	856.4 ^a	160.7	129.8	69.72 ^a
Phosphorous (kg P ₂ O ₅ /rai)				
0	751.4	141.4	126.9	54.72 ^c
8	846.6	163.7	126.7	63.33 ^b
16	798.7	155.9	129.1	72.22 ^a

¹ Factor showed no interaction.

^{a'} Means (under each factor and within column) with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$), those without superscript were not significant difference.

4. ผลกระทบต่อปริมาณธาตุอาหารในใบ

ใบกาแฟที่ 3-4 จากปลายกิ่งบริเวณกลางทรงพุ่มได้ถูกสุ่มเก็บมาในระยะพัฒนาการของผล 3 ระยะคือ ผลเท่าหัวเข็มหมุด ผลกำลังขยายตัว และช่วงผลสุก เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัส พบว่า

ในกรณีของปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบ : ในระยะผลเท่าหัวเข็มหมุด (Pinhead) ใบกาแฟจะมีปริมาณธาตุไนโตรเจน 2.31-2.44% ถ้าไม่มีการเพิ่มธาตุอาหารใด ๆ ให้กับต้นกาแฟ ปริมาณธาตุไนโตรเจนจะลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะพัฒนาการของผล และถึงจุดต่ำสุดเมื่อผลสุก การเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสและจุลธาตุ ไม่ช่วยเพิ่มปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบ แต่มีแนวโน้มกลับทำให้ลดลงอีก (ตารางที่ 4) ในขณะที่การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนในใบได้อย่างมีนัย

สำคัญทางสถิติ ในทุกระยะของการพัฒนาการของผล และยังช่วยรักษาปริมาณไนโตรเจนในใบให้คงที่ตลอดระยะการพัฒนาการของผลด้วย ซึ่งถ้าพิจารณาถึงผลดีของการรักษาธาตุอาหารสะสมในใบเพื่อแก้ปัญหาทั้งแห้งตายก็นับได้ว่าปุ๋ยไนโตรเจนเป็นสิ่งจำเป็น.

ในกรณีของธาตุฟอสฟอรัสในใบ : ปริมาณจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อผลเจริญเติบโต เช่นเดียวกัน ยืนยันถึงการดึงเอาธาตุอาหารจากใบไปใช้เลี้ยงผล และความสามารถของผลในการแย่งธาตุอาหารที่ดูดซับมาโดยราก ตามที่ Cannell (1985) ได้เสนอไว้ว่า ในช่วงการเจริญเติบโต ผลจะใช้ธาตุอาหารที่ดูดซับโดยรากถึง 95%.

การเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสจะช่วยเพิ่มปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบเฉพาะในช่วงพัฒนาการที่ 2 (Fruit expansion) เท่านั้น ในขณะที่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งระยะผลขยายตัว (Fruit expansion) และระยะผลสุก (Fruit ripening) ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของดินพืชเป็นสิ่งที่ทราบกันดี สัดส่วนระหว่าง N/P ที่มีค่าไนโตรเจนสูงจะทำให้ดินพืชมีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ ในขณะที่เมื่อมี P สูง พืชจะแก่เร็วและออกดอกเร็ว ก็เป็นที่น่าสังเกตว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในใบจะแปรผกผันกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้กับต้นกาแฟ (ตารางที่ 4) กล่าวคือ เมื่อเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณฟอสฟอรัสจะยิ่งต่ำลง ซึ่งน่าจะใช้เป็นข้อพิจารณาว่า การเพิ่มผลผลิตกาแฟโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนนั้น ควรจะใส่ครั้งละน้อย ๆ เพื่อเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในใบโดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณฟอสฟอรัสในใบมากนัก เพราะธาตุทั้ง 2 ชนิดนี้มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของกาแฟเท่าเทียมกัน (Macronutrients) แม้ว่ากาแฟจะต้องการไนโตรเจนในปริมาณที่มากกว่าฟอสฟอรัสก็ตาม (Snoeck and Jardin, 1991).

ในส่วนของคุณสมบัติในใบ : ดังแสดงในตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีในใบกาแฟในระยะผลสุก จะมีน้อยกว่าในระยะผลหั่วเข้มหมุดอย่างเด่นชัด การเพิ่มปุ๋ยให้กับต้นกาแฟทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุ ไม่สามารถช่วยเพิ่มปริมาณจุลธาตุในใบได้แต่อย่างใด ยกเว้นในกรณีของธาตุแมงกานีส ซึ่งการฉีดพ่นจุลธาตุจะช่วยรักษาปริมาณให้คงอยู่ในระดับปกติได้ ในการทดลองครั้งนี้ทำการฉีดพ่นจุลธาตุเดือนละ 1 ครั้ง โดยใช้จุลธาตุผสมที่มีปริมาณ Fe 1.5%, Mn 1.5%, Cu 0.5%, Zn 0.5%, B 0.3% และ Mo 0.03% ในอัตรา 2.4 กก./ไร่ (6 กรัม/ลิตร/ต้น) ซึ่งอาจจะมีความเข้มข้นต่ำเกินไป นอกจากนี้ น้ำฝนอาจมีส่วนทำให้โอกาสดูดซับจุลธาตุลดลงด้วย อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าปริมาณจุลธาตุในใบกาแฟจะลดลง แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่ไม่ต่ำกว่า Critical level ที่ Reuter and Robinson (1986) รายงานไว้ (ตารางที่ 6) นอกจากนี้ ปริมาณ Cu ในใบยังมีสูงมาก เนื่องจากการใช้ Cu-fungicide อย่างสม่ำเสมอด้วย.

Table 4. Effect of nitrogen, phosphorous and micronutrients on nitrogen and phosphorous content of coffee leaf at different stage of fruit development.

Fertilizer	Leaf-Nitrogen ¹ (%)			Leaf-Phosphorous ¹ (%)		
	1	2	3	1	2	3
Micronutrient (kg/rai)						
0	2.31	2.48	2.20	0.16	0.13	0.13
2.4	2.44	2.44	2.11	0.17	0.13	0.13
Nitrogen (kg N/rai)						
0	2.32	2.01 ^{c-z}	1.73 ^c	0.16	0.13 ^a	0.15 ^a
16	2.40	2.50 ^b	2.23 ^b	0.17	0.12 ^{ab}	0.14 ^a
32	2.39	2.87 ^a	2.51 ^a	0.17	0.11 ^b	0.12 ^b
Phosphorous (kg P ₂ O ₅ /rai)						
0	2.34	2.46	2.22	0.17	0.12 ^b	0.14
8	2.40	2.49	2.14	0.16	0.13 ^{ab}	0.13
16	2.39	2.43	2.10	0.18	0.14 ^a	0.14

¹ 1 = Pinhead stage and before fertilizers application

2 = Fruit expansion

3 = Fruit ripening

Sample for Analysis were leaves of pair 3-4 on midstem-branch

^z Factors showed no interaction.

Means (under each factor and within column) with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$), those without superscript were not significant difference.

Table 5. Effect of micronutrient, nitrogen and phosphorous on content of micronutrients in coffee leaf at different stages of fruit development.

Fertilizer	Fe (ppm) ¹		Mn (ppm) ²		Cu (ppm)		Zn (ppm)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Micronutrient (kg/rai)								
0	158	97	229	131 ^b	27	21	43	19
2,4	180	117	246	171 ^a	32	25	57	20
Nitrogen (kg N/rai)								
0	172	109	244	167	31	26	59	20
16	172	111	241	150	31	23	48	19
32	163	101	228	136	26	20	43	19
Phosphorous (kg P₂O₅/rai)								
0	174	100	232	151	30	24	47	18
8	162	105	229	147	30	23	48	21
16	170	116	252	156	28	22	54	19

¹ 1 = Pinhead stage and before fertilizer application

2 = Fruit ripening stage

² Factors showed no interaction

Means (under each factor and within column) with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$), those without superscript are not significant difference.

Table 6. Comparision of micronutrient content and the critical level of micronutrient content of coffee leaves.

Micronutrient (ppm)	Application of micronutrient		Critical level ^v (ppm)
	with	without	
Fe	117	97	70 - 200
Mn	171	131	50 - 100
Cu	25	21	16 - 20
Zn	20	19	15 - 30

^v Based on Reuter and Robinson (1986).

5. แนวทางประยุกต์ใช้

จากผลการทดลองเกี่ยวกับผลของปุ๋ยที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในใบ ได้ชี้ให้เห็นแนวทางหรือข้อพิจารณาใช้ปุ๋ยกับกาแฟในหลาย ๆ ประเด็น ดังนี้ :

- 1) การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นสิ่งจำเป็นมากตลอดช่วงพัฒนาการของผล ควรใส่ในปริมาณครั้งละไม่มาก แต่ทยอยใส่บ่อย ๆ เพราะไนโตรเจนจะสูญหายจากดินได้เร็ว และยังส่งผลทางอ้อมทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบลดลงด้วย.
- 2) การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอาจไม่จำเป็นในกรณีที่ดินปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัส (Available P) สูงอยู่แล้วถึงระดับ 48.0 ppm.
- 3) กาแฟที่ปลูกบนภูเขาทางภาคเหนือของไทยมักไม่ขาดจุลธาตุ แต่การฉีดพ่นธาตุเหล่านี้ก็ยังมีความจำเป็นต่อคุณภาพผลผลิต ซึ่งในการฉีดพ่นจุลธาตุนี้ การใช้ Cu-fungicide จะช่วยเพิ่ม Cu ให้กับต้นกาแฟอยู่แล้ว.
- 4) ถึงแม้ว่าจะได้ทราบข้อมูลผลกระทบของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และการสะสมธาตุอาหารบางชนิดในใบ การใช้ปุ๋ยให้ถูกต้องทั้งชนิด ปริมาณ และระยะเวลา ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลต่อไปอีก การมองความสัมพันธ์โดยรวมระหว่างปริมาณผลผลิต ปริมาณธาตุอาหารในใบ และความต้องการธาตุอาหารของพืชในแต่ละระยะของการเจริญ น่าจะเป็นแนวทางพิจารณาเพื่อนำไปสู่การเลือกใช้ชนิดปริมาณ และระยะเวลาใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้องต่อไป.
- 5) ข้อควรคำนึงที่สำคัญก็คือ กาแฟเป็นพืชที่ออกดอกติดผลบนข้อของกิ่งที่มีอายุ 1 ปี การใส่ปุ๋ยและเร่งการเจริญเติบโตทางกิ่งใบในปีนี้ จะมีผลต่อผลผลิตในปีต่อไปด้วย.

สรุปผลการทดลอง

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 16 และ 32 กก N/ไร่ จะช่วยให้ต้นกาแฟมีความสูง จำนวนข้อ และผลผลิตเพิ่มขึ้นกว่าไม่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มผลผลิตเป็นผลมาจากผลของปุ๋ยต่อการเพิ่มขนาดของสารกาแฟ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบเพิ่มขึ้น แต่จะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

ในการทดลองครั้งนี้ ต้นกาแฟไม่ตอบสนองต่อการปุ๋ยฟอสฟอรัสและจุลธาตุดีเท่าที่ตอบสนองต่อการปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดนี้ส่งผลดีเฉพาะการเพิ่มขนาดเนื้อสารกาแฟเท่านั้น โดยไม่มีผลช่วยเพิ่มผลผลิตสด และการเจริญเติบโตของลำต้นและจำนวนข้อ คลอโรเจนปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและจุลธาตุไนโบ ยกเว้นทองแดง.

เอกสารอ้างอิง

- นภาพรอมรจิตติ, นกคด. (2521). ปุ๋ยกาแฟ. เอกสารเผยแพร่ของพืชสวน. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ 2 : 14.
- ยัมแย้ม, นริศ. (2534). การใช้สารเคมีกับกาแฟอาราบิก้าเพื่อความทนแล้ง. วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 107 หน้า.
- ประภาวิทย์, วรวิทย์ และ สรวมศิริ, พัทยา. (2531). การศึกษาพฤติกรรมของปากใบกาแฟอาราบิก้า 2. อิทธิพลของธาตุทองแดงในสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา. วารสารเกษตร 4(3) : 163-167.
- Cannell, N.G.R. (1985). Physiology of coffee crop. In. M.N. Clifford and K.C. Willson (eds.). Coffee Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. The AVI Publishing Company, Inc., Connecticut. 457 p.
- Cervellini, G.S., S.V. Toledo, A.J. Reis and T.R. Rocha. (1989). Nitrogen fertilizer for coffee : Rates and application method of nitrochalk. Hort. Abstr. 59(1) : 78.
- Haarer, A.E. (1962). Modern Coffee Production. Leonard Hill Ltd., London 495 p.
- Lampaopong, B., D. Manajuti and J. Sukasem. (1985). A study on land characteristics of coffee cultivation in northern Thailand. Proceedings of coffee research reports on Arabica coffee growing and production. The Highland Coffee Research and Development Centre, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Thailand. p.58-81.
- Miskiu, E.E., C.R. Donald and N.M. Dale. (1972). Inheritance of physiological effects of stomatal frequency in barley. Crop. Sci. 12 : 780-783.
- Mitchell, H.W. (1988). Cultivation and Harvesting of the Arabica Coffee Tree. In Clarke, R.J. and R. Macrae (eds.). Coffee Volume 4. Agronomy. Elsevier Applied Science, London and New York.
- Reuter, D.J. and J.B. Robinson. (1986). Plant Analysis : An Interpretation, Manual. Inkata Press, Melbourne, Sydney 218 p.
- River, R. and J.R. Martin. (1988). NPK fertilization of coffee trees growing at full sunlight on a red ferrallitic soil of Cuba. In 12th International Scientific Colloquium on Coffee. Hort. Abstr. 59(7) : 700.
- Sanchez, P.A. (1976). Properties and Management of Soils in the Tropics. John Wiley & Sons. Inc., New York. 618 p.
- Snoeck, J. and P. Jadin. (1990). Calculation method to study mineral fertilization of coffee trees based on soil analyses. Hort. Abstr. 61(1) : 96.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson and J.D. Beaton. (1985). Soil fertility and Fertilizers. 4th ed. Mcmillan. Co., Inc. New York. 694 p.



JOURNAL OF AGRICULTURE

VOLUME 9 NO. 3 SEPTEMBER-DECEMBER 1993

STORAGE LIFE OF CUT CHRYSANTHEMUM AND CARNATION	196
<i>Danai Boonyakiat and Tongmai Patchaiyo</i>	
UTILIZATION OF BUCKWHEAT FLOUR FOR MAKING COOKIES	204
<i>Phuangtong Jaisanti</i>	
UTILIZATION OF FULL FAT SOYBEAN IN POULTRY DIETS	213
2. BROILER	
<i>Suchon Tangtaweewipat, Boonlom Cheva - Isarakul and Jitra Klinhom</i>	
KINETIC OF LACTIC ACID BACTERIA FOR NHAM PRODUCTION	230
<i>Pairote Wiriyacharee, Lakkana Rujanakraikarn,</i> <i>Wiwat Wattanatchariya and Suthaya Boonthanom</i>	
EFFECT OF POULTRY MANURE ON GROWTH OF PAPAYA	248
IN AN ACID SOIL	
<i>Surasak Seripong</i>	
KINETIC OF NITRATE REDUCING BACTERIA FOR	256
NHAM PRODUCTION	
<i>Pairote Wiriyacharee, Lakkana Rujanakraikarn,</i> <i>Wiwat Wattanatchariya and Suthaya Boonthanom</i>	
THE STUDIES ON SEED QUALITY OF 5 ASPARAGUS VARIETIES	269
<i>Chokchai Chaimongkol</i>	
PLANT NUTRITION AND YIELD QUALITY OF ARABICA COFFEE	274
1. PROBLEMS IN PLANTATION AND HOW TO SOLVE	
<i>Pittaya Sruamsiri</i>	
PLANT NUTRITION AND YIELD QUALITY OF ARABICA COFFEE	281
2. EFFECT OF NITROGEN, PHOSPHOROUS AND MICRONUTRIENT	
ON GROWTH AND YIELD OF UNSHADED COFFEE PLANTS	
<i>Kochakorn Pomnoi, Manas Sanmaneechai and Pittaya Sruamsiri</i>	