



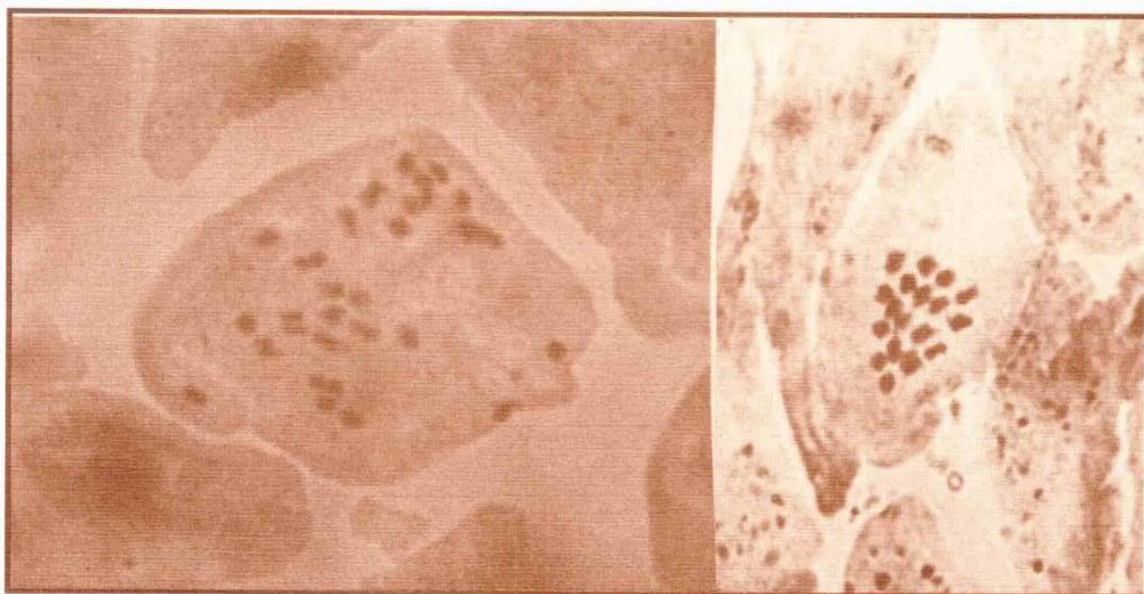
วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

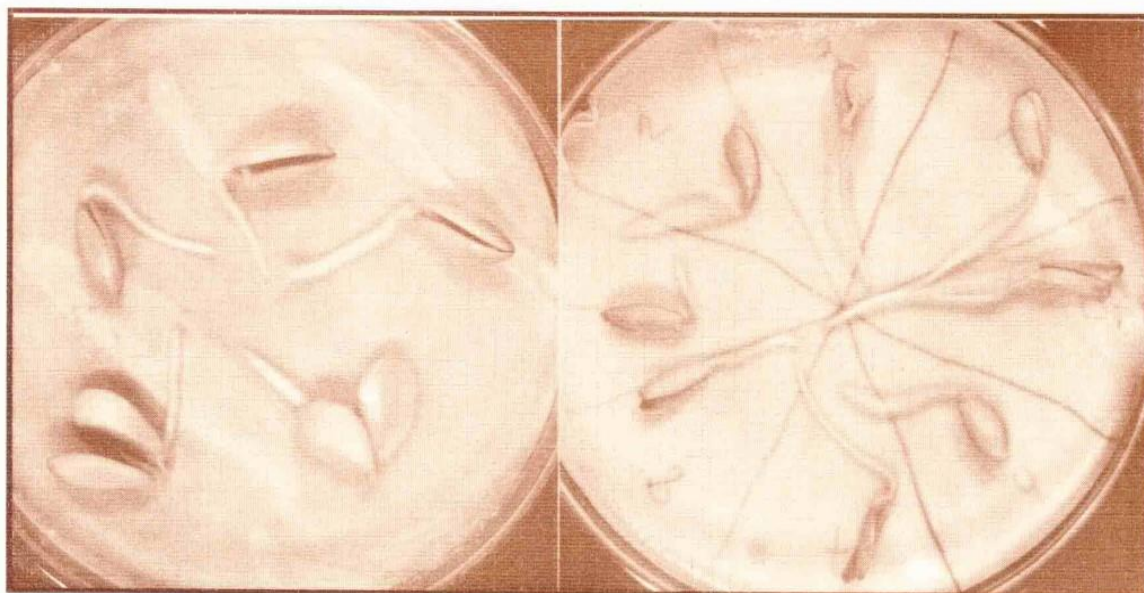
วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 10 ฉบับที่ 3 ตุลาคม 2537

VOLUME 10 NO.3 OCTOBER 1994



Chromosomes of root-tip cells. Diploid (left) and triploid (right) of Miyauchi Iyokan X Kara (x2000).



Normal (left) and small (right) pregerminated seeds from mature fruits of Miyauchi Iyokan X Kara.

- ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ
- โคพันธุอเมริกันบราห์มัน

- การผสมพันธุ์ส้มไม่มีเมล็ด
- การผลิตเห็ดด้วยเชื้อบริสุทธิ์

ISSN 0857-0841

วารสารเกษตร

Journal of Agriculture

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

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสารเกษตร เป็นวารสารวิชาการราย 4 เดือน ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการสาขาเกษตรศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร และชีววิทยา ทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

1. เรื่องที่ตีพิมพ์

- 1.1 ผลงานวิจัย
- 1.2 บทความปริทัศน์

2. การเตรียมต้นฉบับ

- 2.1 ต้นฉบับ : ควรส่งต้นฉบับที่จัดพิมพ์ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์โปรแกรมราชวิถี หรือ thai write ความยาวไม่เกิน 10 หน้า บรรทัดหนึ่งกำหนดให้มี 70 ตัวอักษร และหน้าละ 32 บรรทัด ส่งต้นฉบับที่พิมพ์หน้าเดียวลงบนกระดาษ A4 1 ชุด พร้อมแนบบันทึกข้อมูล

- 2.2 ต้นฉบับให้รวมถึงบทคัดย่อภาษาไทย และภาษาอังกฤษ

- 2.3 ระบุคำย่อ (Index word) ของเรื่อง ทั้งที่เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

- 2.4 ตาราง : เสนอเป็นภาษาอังกฤษล้วน

- 2.5 ภาพประกอบ : เสนอเป็นภาษาอังกฤษทั้งในภาพและคำอธิบายภาพ ภาพถ่ายมีขนาด 9.0x13.50 ซม. ภาพเขียนใช้หมึกดำเขียนบนกระดาษอาร์ตหนา หรือกระดาษเขียนแบบ

- 2.6 กราฟ : ให้ส่งข้อมูลดิบเพื่อสร้างกราฟแนบไปด้วย

- 2.7 เอกสารอ้างอิง : นำตัวเอกสารภาษาไทยตามด้วยเอกสารภาษาอังกฤษ

- 2.7.1 ในเนื้อเรื่อง : อ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องในระบบชื่อคน และปี (พศ.) เช่น พรชัย (2538) รายงานว่า...หรือ...(พรชัย, 2538) ในกรณีที่เป็นภาษาอังกฤษ ใช้ระบบนามสกุลและปี (ศศ.) เช่น Jones and Smith (1995) ในกรณีที่ผู้แต่งสามคนขึ้นไปให้ใช้ "และคณะ" หรือ *et al* ต่อท้ายผู้แต่งคนแรก แต่ในบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายเรื่องใส่ชื่อหมดทุกคน

- 2.7.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายเรื่อง : ให้เรียงอักษรตามชื่อ-สกุลของผู้แต่งคนแรก ไม่ต้องใส่เลขที่ เริ่มจากชื่อไทยด้วยชื่ออังกฤษ

- 1) สำหรับวารสารควรเรียงลำดับดังนี้:-

ผู้แต่ง (ชื่อคน, ชื่อสกุล) ปี (พศ.) แล้วเป็นภาษาอังกฤษ ใช้ ชื่อสกุล, ชื่อคน และปี (ศศ.)

ชื่อเรื่อง (ตามที่ปรากฏในวารสาร) ชื่อวารสาร (ย่อได้มี) ปีที่ (ฉบับที่) : หน้า

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

- 2) สำหรับคำรายการเรียงลำดับดังนี้:-

ชื่อผู้แต่ง พศ. (ศศ.) ชื่อหนังสือ สำนักพิมพ์ เมืองที่พิมพ์ จำนวนหน้า

ตัวอย่าง : เฉลิมพล เจมเพชร (2527) หลักการเขียนรายงานการวิจัยและวิทยานิพนธ์ ทางวิทยาศาสตร์ สำนักพิมพ์, เชียงใหม่ 123 หน้า

3. การเสนอเรื่อง

ส่งเรื่องลงพิมพ์ได้ตลอดเวลา

ถึง บรรณาธิการวารสารเกษตร

งานบริการงานวิจัยและพัฒนา

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขเรื่องที่เสนอเพื่อตีพิมพ์

ในกรณีที่จำเป็น จะขอความเห็นชอบจากผู้เขียนอีกครั้งก่อนตีพิมพ์

วัตถุประสงค์

1. เผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความทางวิชาการสาขาเกษตรศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร และชีววิทยา
2. เผยแพร่เกียรติคุณของนักวิจัย
3. สร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างนักวิจัย

บรรณาธิการ

พิทยา สรวมติ

กองบรรณาธิการ

คณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ที่ปรึกษา

สง่า สรรพศรี, เชื้อ ว่องส่งสาร, อดิศักดิ์ โกเมศ,
นคร ฒ ลำปาง, ทิม พรหมศิริ, จินดา จันทร์อ่อน

กำหนดเผยแพร่

เดือนกุมภาพันธ์ มิถุนายน และตุลาคม ปีละ 3 ฉบับ

แจ้งรับวารสารที่

บรรณาธิการวารสารเกษตร หรือ
คุณวิไลพร ธรรมดา
งานบริการงานวิจัยและพัฒนา
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50200

พิมพ์ที่ หน่วยพิมพ์ออฟเซต สำนักงานเลขานุการ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200 โทร. (053) 221699 ต่อ 4016



ปีที่ 10 ฉบับที่ 3 (2537)

Volume 10 No.3 (1994)

วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สารบัญ

Contents

อิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อความเป็นพิษของอูมิเน็มในข้าวฟ่าง 216
สุรศักดิ์ เสรีพงษ์

การเจริญและผลผลิตของกระดินณรงค์และกระดินยักษ์ 226
ในจังหวัดเชียงใหม่
จรูญ สุขเกษม ขวจิต ชโลธร คุสิต มานูจิต และ
กนิษฐา เอื้องสวัสดิ์

การศึกษาเกี่ยวกับวิธีการตัดแต่งกิ่งกาแฟอราบิก้าที่เหมาะสม 235
สำหรับต้นกาแฟเก่า
นริศ ยัมแย้ม ชีระเดช พรหมวงศ์ ประเสริฐ คำถนอม

การตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยชีวภาพ 244
อรรณพ กณเจริญพงษ์

อายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรกของโคสาวพันธุ์อเมริกัน 252
บราห์มัน
นิพนธ์ วิทยากร พชรินทร์ สันติไพโรจน์ และ
ปกรณ ภูประเสริฐ

การพัฒนาสายพันธุ์ส้มไม่มีเมล็ดโดยวิธีการผสมพันธุ์ 259
พิชิต คุลพงศ์

ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดที่มีต่อ 267
เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นสำหรับการผลิตแหมม
สุทธยา บุญถนอม ไพโรจน์ วิริยาร และ
นินนาท ชินประห์ชัย

การใช้สารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น 281
ในผลิตภัณฑ์แหมม
สุทธยา บุญถนอม ไพโรจน์ วิริยาร และ
นินนาท ชินประห์ชัย

ผลของโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรต์ต่อคุณภาพ 296
แหมมที่ผลิตโดยใช้ Glucono-delta-lactone ร่วมกับ
เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม
สุทธยา บุญถนอม ไพโรจน์ วิริยาร และ
นินนาท ชินประห์ชัย

SELECTING DIPLOID POTATO CLONES 209
SUITABLE FOR TRANSPOSON TAGGING OF
THE R-GENES AGAINST LATE BLIGHT
(PHYTOPHTHORA INFESTANS) : SELECTING
GENOTYPES CARRYING R₁ AND R₂
Niti Thaisantad

EFFECT OF CATTLE MANURE ON ALUMINUM 216
TOXICITY IN SORGHUM (SORGHUM BICOLOR L.)
Surasak Seripong

GROWTH AND PRODUCTION OF ACACIA AND 226
LEUCAENA IN CHIANG MAI
Charoon Sukkasem Chavalit Chalothorn
Dusit Manajuti and Kanita Aoungsawad

STUDY ON PRUNING METHOD FOR OLD ARABICA 235
COFFEE TREE
Narit Yinyam Theeradej Promwong
Prasert Khamon

RESPONSE OF RICE TO BIOFERTILIZER 244
Aunop Kanachareonpong

AGE AND WEIGHT AT PUBERTY IN AMERICAN 252
BRAHMAN HEIFERS
Nipol Vityakorn Patcharin Sondhipiroj
Pagorn Bhuprasert

DEVELOPMENT OF SEEDLESS CITRUS CULTIVARS 259
BY CONVENTIONAL BREEDING METHOD
Pichit Toolapong

TYPES AND QUANTITY OF CHEMICAL ACIDULANTS 267
AFFECTING ON STARTER CULTURES FOR NHAM
PRODUCTION
Suthaya Boonthanom Pairote Wiriacharee and
Ninnart Chinprahast

UTILIZATION OF CHEMICAL ACIDULANT AND 281
MIXED STARTER CULTURES IN NHAM
Suthaya Boonthanom Pairote Wiriacharee and
Ninnart Chinprahast

EFFECT OF SODIUM NITRATE AND SODIUM 296
NITRITE ON NHAM QUALITY PRODUCED WITH
GLUCONO-DELTA-LACTONE AND MIXED
STARTER CULTURES
Suthaya Boonthanom Pairote Wiriacharee and
Ninnart Chinprahast

บทบรรณาธิการ

การดำเนินงานวิจัยในปัจจุบัน กำลังประสบปัญหาที่ต่างไปจากเมื่อระยะ 10 ปี ที่ผ่านมา ในอดีต นักวิจัยประสบปัญหาการขาดแคลนทุนเพื่อการวิจัย แหล่งทุนวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินมีน้อยมาก และต้องเจียดไปสนับสนุนโครงการวิจัยจำนวนมากทั่วประเทศ ทำให้เงินทุนวิจัยมีลักษณะเป็นเบี้ยหัวแตก ไม่อาจพัฒนาโครงการวิจัยขนาดใหญ่ได้ ผลงานวิจัยจึงขาดความต่อเนื่องและความเป็นรูปธรรมที่จะนำไปปฏิบัติได้ แหล่งทุนวิจัยขนาดใหญ่มีค่อนข้างจำกัดมักจะได้จากองค์กรระหว่างประเทศหรือจากรัฐบาลต่างประเทศเป็นหลักซึ่งก็มักจะทำให้ทุนตามความสนใจของแหล่งทุนเท่านั้น อาจไม่สนองตอบต่อการแก้ปัญหาภายในประเทศ

ปัจจุบัน ประเทศมีรายได้นับว่าเพิ่มขึ้น ประชากรมีรายได้เฉลี่ยต่อหัวเพิ่มขึ้นจนประเทศไทยไม่ถูกจัดเป็นประเทศยากจนและค่อยพัฒนาอีกต่อไป งบประมาณวิจัยจากแหล่งทุนต่างประเทศจึงลดลงมาก ในขณะที่นักวิจัยส่วนใหญ่ยังโชคดีที่สมาชิกสภาผู้แทนราษฎรและรัฐบาลเริ่มเล็งเห็นความสำคัญของการวิจัยได้สนับสนุนงบประมาณวิจัยเพิ่มมากขึ้น โดยผ่านองค์กรและสถาบันที่เกี่ยวข้อง โครงการวิจัยขนาดใหญ่มูลค่าหลายสิบล้านบาท สามารถพัฒนาขึ้นได้ โดยอาศัยทุนวิจัยภายในประเทศ โครงการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาประเทศได้รับการกระตุ้นให้มีการพัฒนาขึ้นและดำเนินการโดยไม่ต้องกังวลว่าจะไม่มีงบประมาณวิจัยสนับสนุน อย่างไรก็ตาม การดำเนินงานวิจัยก็กำลังถึงทางตันเช่นเดิม ปัญหาหลักไม่ใช่งบประมาณ แต่เป็นเรื่องการขาดบุคลากรวิจัยที่มีคุณภาพ

ปัญหานี้เป็นเรื่องเร่งด่วนที่เราทุกคนในฐานะนักวิชาการและนักวิจัยควรจะต้องร่วมมือกันหาทางแก้ไข การพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่โดยมีนักวิจัยอาวุโสเป็นที่เลี้ยงในลักษณะเป็นนักวิจัยร่วมในโครงการ การร่วมมือกันพัฒนาโครงการลักษณะสหสาขาวิชาและ/หรือสหสถาบัน เพื่อระดมทรัพยากรที่กระจัดกระจายอยู่ในแหล่งต่าง ๆ มาสร้างประโยชน์แก่ประเทศชาติอย่างเต็มที่ ตลอดจนการผลิตบัณฑิตที่มีคุณสมบัติเป็นนักวิจัยที่ดี เหล่านี้ล้วนเป็นแนวทางที่อาจช่วยแก้ไขปัญหาการขาดแคลนบุคลากรได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว เพียงแต่เราต้องเริ่มที่ "ความเข้าใจ ความมีวิสัยทัศน์ และความร่วมมือ" ให้ได้เท่านั้น

Selecting Diploid Potato Clones Suitable for Transposon Tagging of the R-genes against Late Blight (*Phytophthora infestans*): Selecting Genotypes Carrying R_1 and R_3

Nithi Thaisantad^{*}

Abstract : The process of developing and selecting diploid potato (*Solanum tuberosum* L.) clones for transposon tagging of the *Phytophthora infestans* resistance genes-R. was applied to various potato genotypes. The plants carrying allele R_1 or R_3 were selected for possessing the following characteristics: diploid genome, high fertility, straight segregation of the R-allele, efficient regeneration *in vitro* and high rate of transformation by the *Agrobacterium tumefaciens* carrying genes NPTII and GUS interon. Three of each R_1 - and R_3 -carrying clones performed those desirable characteristics.

Index words : potato, late blight, *Phytophthora infestans*, breeding for resistance, genetic transformation

Introduction

Genetic transformation of plants has become a major topic among all genetic improvement of plants and soon far more progressed beyond the conventional counterpart during the past two decades. The genetic transformation specifically and efficiently introduces foreign gene into certain plant genome regardless the species of

origin. Although there are many ways of genetic transformation, however, microbial-mediated one has been intensively employed. T_1 or R_1 plasmid of a bacterium genus *Agrobacterium* functions as a carrier to transfer the gene of interest into the target plant genome via the process of infection (Draper *et al*, 1988). The transferred gene expresses itself normally as it does in the original species and can be

^{*} Faculty of Agriculture, Chiangmai University, Chiangmai 50200

detected as traits or chemical reaction of the so-called 'marker gene' in the host tissue. Such marker gene is, for example, drug or antibiotic resistance gene which can be screened by culturing the host tissue in medium containing the drug *in vitro*. Susceptible genotypes will be killed while resistant ones survive. In this gene tagging scheme, a marker gene employed is categorised in a group of 'transposable element' or **transposon**: a chromosomal fragment that can insert itself into certain chromosome arrangements thus inhibits the gene expression. These transposons are **Ac** and **Ds** elements of maize found in 1945 by McClintock. (McClintock, 1945). They will tag for the R-gene, resistance gene of potato against late blight, of which its protein products are unknown. In the second step of the scheme, splicing and manipulating of the R-gene will be made possible. This study aimed to select a group of potato genotypes carrying a particular R-allele and required characteristics that facilitate the R-gene tagging.

Material and methods

Potato (*Solanum tuberosum* L., $2n = 4X = 48$) cultivars carrying R_1 or R_3 allele were diploidized by crossing with a dihaploid pollinator, *S. phureja* cv. IVP 101 (Hutten *et al.*, 1990). The dihaploid progenies, characterized by purplish spots of anthocyanin accumulation were collected as described by Hougas and Peloquin (1958). The dihaploids were rechecked to

ensured ploidy level by counting chloroplast number in stomatal guard cells as described by Jacob and Yoder (1989). Detached Leaflet inoculation was employed to screen late blight resistant plants according to Toxopeus (1954) with modifications (Lapwood, 1961; Mooi, 1965; Umaerus, 1969ab; and Umaerus and Lihnell, 1976). Defined *P. infestans* pathotypes were courteously provided by the Institute for Plant Protection, Wageningen. The genotypes performing hypersensitive resistant : susceptible ratio approaching 1:1 were kept for further study, otherwise discarded. Flowered resistant dihaploids were crossed with fertile diploids, ie. IVP 1024-2, SUH 3711, IVP 1031-29 or IVP 1030-9, to improve fertility and vigor. Diploid progenies were rescued according to Singsit and Hanneman (1991) and Neal and Topoleski (1983). This step was repeated if the result was unsatisfiable. Derived diploid progenies were brought from *in vivo* to *in vitro* following Old and Primrose (1989). Axenic diploid plantlets were multiplied in 8-cm. jars of MS medium (Murashige and Skoog, (1962), 30gl^{-1} sucrose, 8gl^{-1} agar).

Testing for regeneration ability was done as described in Visser *et al.* (1989 ab) and Visser (1991); stem segments were cultured on ZCV medium (MS inorganic salts, $1\text{mg}\text{l}^{-1}$ zeatin, $200\text{mg}\text{l}^{-1}$ claforan, $200\text{mg}\text{l}^{-1}$ vancomycin, 30gl^{-1} sucrose, 8gl^{-1} agar). Meanwhile transformation test was done the same way but the stem segments were soaked in culture suspension of

A. tumefaciens strain LBA4404 (Hoekema *et al*, 1983) carrying plasmid p35SGUS-*interon* and NPTII gene (Vancaneyt *et al*, 1990) then transferred on the selection medium. The expression of the plasmid was resistance to kanamycin and production of enzyme B-glucuronidase (GUS). The transformation method was modified from Visser (1989 and 1991) as described in Thaisantad (1992). The selection medium was ZCV with 100 mg l⁻¹ kanamycin. The B-glucuronidase histological assay was based on Jefferson *et al* (1987).

Results and Discussion

Five R_1 and 9 R_3 diploids were obtained after repeated crossing to reduce ploidy level and improve vigor. Those diploids performed much better compared with their dihaploids in terms of fertility and vigor which was found also in the study of Hougas and Peloquin (1958). The histological reaction of GUS test was seen as blue spots on the cut surface of 10-day-old explants where callus tissue initiated. This result is resemble to Jefferson *et al* (1987). After testing for regeneration ability, expression of kanamycin resistance and activity of B-glucuronidase, the result is summarized in table 1.

From table 1, among R_1 clones, J92-6448-2 performs the best when compared with other genotypes. It shows high rate of regeneration (12.5% of the explants produced shoots), high GUS reaction (5 positive spots) and moderate

kanamycin resistance (18.91% viable calli on selection medium). On the other hand, J92-6448-10 shows highest GUS reaction (33 positive spots) and kanamycin resistance (68%) but no shoot was differentiated. Nevertheless, it produces viable calli in high rate (35 explants with callus/40 total explants, data not shown). J92-6448-11 shows high rate of GUS reaction (5 positive spots) though low rates of kanamycin resistance (4% viable calli) and regeneration (14% shoots). For the rest, J92-6448-5 and J92-6448-7, their performance is poor in all the tests.

For R_3 -clones, J92-6453-9 shows high GUS reaction (11 spots), high kanamycin resistance (37.5% viable calli) though low regeneration rate (7.5% shoots). On the other hand, J92-6449-6 shows high kanamycin resistance (26.31% viable calli), high regeneration rate (22.5% shoots) but low GUS activity (1 spot). Unfortunately, in J92-6450-5, GUS reaction is high (5 spots) but kanamycin and regeneration rates are nil. For the rest of R_3 group the rates of kanamycin resistance and GUS reaction are low though some have considerably high regeneration rate.

Table 1 Transformation (kanamycin resistance and GUS positive reaction) and regeneration
 (% number of shoots/explant) rates of R₁ and R₂ clones.

clone	kanamycin+/- ¹ (%)	GUS+/- ² (spot)	% number of ³ shoots/expl.
R₁			
J92-6448-2	18.91	5	12.50
J92-6448-5	0	0	0
J92-6448-7	7.14	0	0
J92-6448-10	68.00	33	0
J92-6448-11	4.00	5	2.50
R₂			
J92-6449-1	0	1	0
J92-6449-6	26.31	1	50.00
J92-6450-5	0	5	0
J92-6453-8	0	0	22.50
J92-6453-9	37.50	11	7.50
J92-6454-37	0	0	0
J92-6454-38	0	0	5.00
J92-6454-40	0	0	15.00
J92-6454-47	0	1	55.00
control			
IVP 1024-2	0	2	17.50

¹ = percent number of explants with callus survived per total

(4-37) explants

² = number of GUS positive reaction spots per 5 explants tested

³ = percent number of shoots per total (40) explants

Discussion

GUS reaction and kanamycin resistance are, in principle, the indication of successful transformation. Theoretically, the genotype that shows positive GUS reaction should also show high rate of kanamycin resistance because these genes are linked (Hoekema *et al*, 1983). From the result, some genotype did not follow this theory, for example, J92-6449-1, J92-6450-5, J92-6454-47 of the R₃ group shows GUS reaction but no kanamycin resistance. Even in the control, IVP 1024-2, which always shows high rates of GUS and kanamycin reaction, also has low kanamycin resistance. There are two explanations for this phenomenon. Firstly, testing of kanamycin resistance and GUS reaction was done independently. Moreover the sample size was small so there was higher chance that some explants escaped the infection of *Agrobacterium tumefaciens*. Secondly, there might be some amount of kanamycin left from the initial inoculum of *Agrobacterium*, therefore kanamycin did not inhibit only susceptible explants but also do to the resistant ones. The problems can be overcome by increasing the sample size to 40 or more and the initial inoculum of *Agrobacterium* must be rinsed by resuspending in fresh medium without kanamycin and recentrifuging the culture 2-3 times prior to inoculation.

In conclusion, the genotypes that performed characteristics facilitating for further R-gene tag-

ging, from the most to the least are, J92-6448-2, J92-6448-11, J92-6448-10 for R₁ group, and J92-6449-6, J92-6453-9, and J92-6454-47 for R₃. In the next step of this scheme, transposon tagging for the specific R-alleles can be done in homozygotes (RR) of these lengthily developed genotypes.

Acknowledgement

I wish to extend my gratitude to Professor E. Jacobsen and Mr. A. El-kharbotly from the Department of Plant Breeding, Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands, for their patient supervision on this research.

Reference

- Draper, J., Scott, R., Armitage, P., and Walden, R. (1988). Plant genetic transformation and gene expression: a laboratory manual. pp. 315-327.
- Hoekema, A., Hirsch, P.R., Hooykaas, P.J.J., and Schilperoort, R.A. (1983) A binary plant vector strategy based on separation of vir- and T-region of the *Agrobacterium tumefaciens* T₁ plasmid. *Nature* 303:179-180.
- Hougas, R.W. and Peloquin, S.J. (1958) The potential of potato haploids in breeding and genetic research. *American Potato Journal* 35: 701-711.
- Hutten, R.C.B., Scholberg, E.J.M.M., and Hermesen, J.G.Th. (1990). Analysis of dihaploid production and induction ability and tetraploid X pollinator in interaction (abstract). 11th Triennial

- Conference EAPAR, Edinbergh, U.K. pp.117-118.
- Jacob, J.P. and Yoder, I.P. (1989). Ploidy levels in transgenic tomato plants determined by chloroplast number. *Plant Cell Reports* 7(8): 662-664.
- Jefferson, R.A., Kavanagh, T.A. and Bevan, M.W. (1987). GUS fusion: B-glucuronidase as a sensitive and versatile gene fusion marker in higher plant. *EMBO Journal of Environmental Horticulture* 9(1): 51-56.
- Lapwood, D.H. (1961). Laboratory assessments of the susceptibility of potato haulm to blight (*Phytophthora infestans*). *European Potato Journal* 4(2): 116-128.
- McClintock, B. (1945). Cytogenetic studies of maize and *Neurospora*. In: Moore, J.A. (ed.) (1987). The discovery and characterization of transposable elements: the collected papers of Barbara McClintock. Garland Publishing Inc. New York.
- Mooi, J.C. (1965). Experiments on testing field resistance to *Phytophthora infestans* by inoculating cut leaves of potato varieties. *European Potato Journal* 8(3): 182-183.
- Murashige, T. and Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant* 15:463-497.
- Neal, C.E. and Topoleski, L.D. (1983). Effect of the basal medium on the development of tomato embryos *in vitro*. *Journal of American Society of Horticultural Science* 110: 434-438.
- Old, R.W. and Primrose, S.B. (1989). Principle of Gene Manipulation and Introduction to Genetic Engineering. 4th ed., Oxford. 438 p.
- Singsit, C. and Hanneman, R.E. (1991). Rescuing abortive inter-EBN potato Hibrids through double pollination and embryo culture. *Plant Cell Reports* 9: 475-478.
- Thaisantad, N. (1992). Selecting diploid potato clones suitable for transposon tagging of the R-genes against late blight (*Phytophthora infestans*). MS thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands, 64 p.
- Toxopeus, H.J. (1954). Leaf testing as a method of genetical analysis of immunity from *Phytophthora infestans* in potatoes. *Euphytica* 3:233-240.
- Umaerus, V. (1969a) [Studies on field resistance to *Phytophthora infestans* 1. The infection efficiency of zoospores of *P. infestans* as influenced by the host genotype]. *Z. PflZuchl.* 19: 91-107.
- Umaerus, V. (1969b) Studies on field resistance to *Phytophthora infestans* 2. A method of screening young potato seedlings for field resistance to *P. infestans*. *Z.PflaZuchl* 61: 167-194.
- Umaerus, V and Lihnell, D. (1976) A laboratory method for measuring the degree of attack by *Phytophthora infestans*. *Potato Research* 19: 91-107.
- Vancaneyt, G., Schmidt, R. O'Conor-Sanchez, A. Wilmitzer, L. and Rocha-Sosa, M. (1990). Construction of an interon-containing marker gene: splicing of the interon in transgenic plants and its use in monitoring early events in Agrobacterium-mediated plant transformation. *Molecular and Applied Genetics* 220: 245-250.
- Visser, R.F. (1989). Manipulation of the starch composition of *Solanum tuberosum* L. using

Selecting Diploid Potato Clones Suitable for Transposon Tagging of the R-genes against Late Blight (*Phytophthora infestans*) : selecting genotypes carrying R₁ and R₂

- Agrobacterium* mediated transformation. (1989a). Transformation of homozygous diploid potato with an *Agrobacterium tumefaciens* binary vector system by adventitious root regeneration on leaf and stem explants. Plant Molecular Biology 12: 329-337.
- Ph.D. Thesis. University of Groningen, the Netherlands.
- Visser, R.F. (1991). Regeneration and transformation of potato by *Agrobacterium tumefaciens*. In: Lindsey, K. (ed.) (1991) Plant Tissue Culture Manual: Fundamental and Applications. Dordrecht, Kluwer. B5: 1-9.
- Visser, R.F., Jacobsen, E., Hesselting-Meinders, A., Schans, M.J., Wilthout, B., Feenstra, W.J. (1989b). Efficient transformation of potato (*Solanum tuberosum* L.) using a binary vector in *Agrobacterium rhizogenes*. Theoretical Applied Genetics 78: 594-600.

อิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อความเป็นพิษของอะลูมิเนียมในข้าวฟ่าง

Effect of Cattle Manure on Aluminum Toxicity in Sorghum (*Sorghum bicolor* L.)

สุรศักดิ์ เสร็จพงศ์¹

Surasak Seripong¹

Abstract : A greenhouse experiment was conducted on February, 1994 at Faculty of Agriculture, Khon Kaen University to determine the effect of cattle manure on growth and mineral composition of sorghum seedlings grown in Yasothon soil (Oxic Paleustult) treated with varying amounts of $AlCl_3$. The treatments consisted of four Al rates : 0, 1, 2 และ 3 me Al/100 g soil and four cattle manure rates : 0, 2, 4 และ 6 ton/rai. The experiment was factorially arranged in a randomized complete block design with four replications. In the absence of cattle manure, increasing amounts of Al in the soil significantly decreased dry matter production and P concentration in plant tops. The addition of cattle manure to pots containing Al significantly increased dry matter yield of sorghum plants. Increasing the cattle manure application also suppressed the reduction in plant growth, which accompanied Al stress. The significantly decreased in Al concentration in plant tops as a result of the application of cattle manure were shown. The beneficial effect of cattle manure was also significantly increased in the P, K, Ca, and Mg contents of the sorghum tops. The cattle manure treatment also significantly increased pH but significantly decreased levels of exchangeable Al and % Al saturation in soil used in the study.

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น 40002

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

บทคัดย่อ : ทำการทดลองในเรือนทดลองเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2537 ที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโต และองค์ประกอบแร่ธาตุของข้าวฟ่างที่ปลูกในดินชุดยโสธรเมื่อได้รับ Al ระดับต่างๆ ดำรับการทดลองประกอบด้วยอะลูมิเนียม 4 อัตราคือ 0, 1, 2 และ 3 me Al/100 g ในรูปของ $AlCl_3$ และปุ๋ยคอก 4 อัตราคือ 0, 2, 4 และ 6 ตัน/ไร่ วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design มี 4 ซ้ำ ผลการทดลองปรากฏว่าเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยคอกน้ำหนักแห้งของต้นและรากของข้าวฟ่างและความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในต้นข้าวฟ่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อมีการเพิ่มอะลูมิเนียมในดิน แต่การเพิ่มปุ๋ยคอกทำให้น้ำหนักแห้งของต้นและรากของข้าวฟ่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ปุ๋ยคอกทำให้การลดลงของน้ำหนักแห้งของต้นและรากมีน้อยลงเมื่อได้มีการใส่อะลูมิเนียมในดินอัตราเพิ่มขึ้น และการใส่ปุ๋ยคอกทำให้ความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในต้นข้าวฟ่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ปุ๋ยคอกทำให้ข้าวฟ่างมีการดูดใช้แร่ธาตุอาหาร P, K, Ca และ Mg เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยคอกยังทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทำให้ระดับ ของ Exchangeable Al และ % Al saturation ในดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Index words : ข้าวฟ่าง, ปุ๋ยคอก, อะลูมิเนียม, Sorghum, Cattle manure, Aluminum

คำนำ

ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินกรด กล่าวคือมากกว่า 50% มี pH ต่ำกว่า 5.6 และประมาณ 30% มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.6-6.5 (Suwanarit, 1985) ดินส่วนใหญ่ขาดความอุดมสมบูรณ์เนื่องจากความเป็นกรด คือจะมีแร่ธาตุอาหารพวกที่เป็นค้างอยู่ต่ำ เช่น Ca และ Mg เป็นต้น แต่จะมีพวกแร่ธาตุที่ละลายได้ดีในดินกรด เช่น แร่ธาตุอะลูมิเนียม (Al) อยู่สูง และบางกรณีอาจมีมากจนเป็นพิษกับพืชขึ้นได้ ดินชุดยโสธรเป็นดินที่ใช้ปลูกพืชไร่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักให้ผลผลิตที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งอาจเนื่องจากดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดแรงศักดิ์ (2525) ได้ทำการวิจัยพบว่าดินกรดชุดยโสธรในไร่นาทดลองของมหาวิทยาลัยขอนแก่น มี Al อยู่สูงเป็นหย่อมๆ และผลผลิตของข้าวฟ่างจะลดลงอย่างมากเมื่อดินมีความอิ่มตัวด้วย Al (% Al saturation) มากกว่า 15% ขึ้นไป ปีพามาและสุรศักดิ์ (2532) พบว่าข้าวฟ่างที่ปลูกในดินชุดยโสธรชั้นล่าง (pH 3.91) ไม่เจริญเติบโตเนื่องจากมีความเป็นพิษของ Al ในดิน โดยที่ Al จะเป็น

อันตรายต่อการเจริญเติบโตของรากพืชมาก ซึ่งรากจะมีลักษณะสั้นและอ้วน (Sanchez, 1976) ข้าวฟ่างเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดีจึงเหมาะที่จะปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือแต่ก็จะปรากฏว่าข้าวฟ่างเป็นพืชที่ไม่ค่อยทนทานต่อการมี Al มากในดิน (Foy, 1973)

วิธีปฏิบัติในการลดความเป็นกรดของดินที่นิยมกันทั่วไปได้แก่การใส่ปูน Evans and Kamprath (1970) พบว่าการใส่ปูนช่วยทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดดีขึ้น เมื่อดินมีค่าความอิ่มตัวด้วย Al อยู่สูงกว่า 70% แต่ค่าความอิ่มตัวด้วย Al ที่จะแสดงถึงภาวะที่เป็นอันตรายต่อพืชในดินต่างๆกันจะแตกต่างกัน พบว่าการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินกรดจะได้ผลดีเท่ากับการใส่ปูนในการลดความเป็นพิษของ Al ในถั่วเหลือง นอกจากนี้ Vityakon et al. (1988) ก็ได้พบว่า การเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินโดยใช้ปุ๋ยคอกจะช่วยทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา

อิทธิพลของปุ๋ยคอกในการลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมในข้าวฟ่างที่ปลูกในดินชุดยโสธร เพื่อจะได้เป็นวิธีการปรับปรุงดินกรดที่มีการลงทุนต่ำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองในเรือนทดลองเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2538 โดยใช้ดินชุดยโสธร (Oxic Paleustult) ซึ่งเก็บจากบริเวณใกล้หมวดดินและปุ๋ย คณะเกษตรศาสตร์ อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น ดินมี pH 4.6, OM 0.7%, Exch. Al 0.15 me/100 g นำดินมาผึ่งให้แห้งในร่มและบดร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรู 2 มม. ชั่งดินจำนวน 4 กก. ใส่ถุงพลาสติกแล้วนำไปใส่ไว้ในกระถางดินที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปากกระถาง 19.3 ซม. และมีความสูง 20.0 ซม. ดำรับการทดลองประกอบด้วย อะลูมิเนียม ($AlCl_3$) จำนวน 4 อัตรา คือ 0, 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมสมมูลย์ Al/ดิน 100 กรัม (me Al/100g) และปุ๋ยคอก (มูลวัว) จำนวน 4 อัตรา คือ 0, 2, 4 และ 6 ตัน/ไร่ จัดการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design มี 4 ซ้ำ ใส่ปุ๋ยรองพื้น (ปุ๋ยสูตร 15-15-15) อัตรา 50 กก.ของ N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ คลุกปุ๋ยที่ใส่ให้ผสมกับดินอย่างทั่วถึง รดน้ำให้ชุ่มด้วยน้ำกรองเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นหยอดเมล็ดข้าวฟ่างพันธุ์ PB Hegari จำนวน 10 เมล็ดต่อกระถาง ต่อจากนั้น 10 วันทำการถอนแยกให้เหลือ 2 ต้นต่อกระถาง รดน้ำให้ดินมีความชื้นประมาณ 70% ของ Water Holding Capacity ตลอดการทดลอง เก็บเกี่ยวพืชเมื่อมีอายุได้ 30 วัน โดยตัดต้นพืชที่ระดับผิวดิน และแยกส่วนรากออกจากดินโดยใช้น้ำล้าง นำตัวอย่างพืชไปอบแห้งที่อุณหภูมิ $70^{\circ}C$ แล้วชั่ง

น้ำหนักแห้ง และนำส่วนต้นพืชไปบดเพื่อวิเคราะห์ทางเคมีและเก็บตัวอย่างดินในแต่ละกระถางหลังจากเก็บเกี่ยวพืชแล้วเพื่อวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

การวิเคราะห์พืชเพื่อหาค่า P, K, Ca, Mg และ Al โดยทำการย่อยด้วยวิธีเผาตัวอย่างพืชที่อุณหภูมิ $550^{\circ}C$ เป็นเวลา 3 ชม. และละลายใน 2 N HCl กรองและทำให้สารละลายมีปริมาตร 100 มล.ด้วยน้ำกลั่น หาค่า P ด้วยวิธี Vanadomolybdophosphoric yellow color (Jackson, 1958) สำหรับ K หาค่าด้วยวิธี Flame photometry (Pratt, 1965) และ Ca และ Mg หาค่าด้วยวิธี Atomic absorption spectrophotometry (Thomas, 1982) สำหรับ Al หาค่าโดยใช้วิธีของ Aluminon (Chapman and Pratt, 1961)

การวิเคราะห์ดินหลังเก็บเกี่ยวประกอบด้วยหาค่า pH (ดิน:น้ำ = 1:1) โดยใช้ pH meter การหาค่า K, Ca, Mg และ Na ที่แลกเปลี่ยนได้โดยการสกัดดินด้วย 1 N NH_4OAc วัด Ca และ Mg ด้วยวิธี Atomic absorption spectrophotometry (Thomas, 1982) และ K และ Na ด้วยวิธี Flame photometry (Pratt, 1965) หาค่า H และ Al ที่แลกเปลี่ยนได้โดยสกัดดินด้วย 1 N KCl และหาค่า H และ Al ด้วยวิธี Titration (McLean, 1965) หาค่า Effective cation exchange capacity (ECEC) ซึ่งเป็นผลบวกในหน่วยของ me/100 g ของ K, Ca, Mg, Na, H และ Al ส่วนเปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวด้วย Al นั้น ได้แก่ อัตราส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Exch. Al (me/100 g) ต่อ ECEC (me/100 g)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง

กรณีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยคอกน้ำหนักแห้งของดินและรากของข้าวฟ่างมีการลดลงอย่างมากและมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อมีการเพิ่ม Al ในดิน (ตารางที่ 1) กล่าวคือ น้ำหนักแห้งของต้นลดลงจาก 8.71 กรัม/กระถางที่ระดับ 0 me Al/100 g เป็น 0.06 กรัม/กระถางที่ระดับ 3 me Al/100 g

และน้ำหนักแห้งของรากลดลงจาก 2.01 เป็น 0.04 กรัม/กระถางที่ระดับ 0 และ 3 me Al/100 g ตามลำดับ การมี Al มากในดินจะยับยั้งการแบ่งเซลล์ที่ปลายรากทำให้การเจริญเติบโตของรากลดลง นอกจากนี้ Al ยังขัดขวางการดูดการเคลื่อนย้ายและการใช้ประโยชน์ของ Ca, Mg, P และ K ด้วย (Clarkson, 1965; Foy *et al.* 1978) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Shuman *et al.* (1990) ที่พบว่าความเป็นพิษของ Al ในดินกรด 4 ชนิดทำให้การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างลดลง

Table 1 Influence of aluminum and cattle manure treatments on sorghum growth in Yasothon soil.

Cattle manure added (ton/rai)	Aluminum added (me Al/100 g)				Mean
	0	1	2	3	
<u>Shoot dry wt. (g/pot)</u>					
0	8.71	3.18	0.74	0.06	3.17
2	11.43	6.26	4.10	0.78	5.64
4	11.40	10.38	8.05	3.99	8.46
6	13.54	11.82	11.49	8.95	11.45
Mean	11.27	7.91	6.10	3.45	
LSD (0.05) : Aluminum = 1.08					
Cattle Manure = 1.08					
Aluminum x Cattle Manure = 2.16					
<u>Root dry wt. (g/pot)</u>					
0	2.01	0.53	0.17	0.04	0.69
2	2.17	0.86	0.95	0.12	1.03
4	2.27	1.62	1.28	0.71	1.47
6	2.28	1.78	1.94	1.42	1.86
Mean	2.18	1.20	1.09	0.57	
LSD (0.05) : Aluminum = 0.31					
Cattle Manure = 0.31					
Aluminum x Cattle Manure = 0.62					

การเพิ่มปุ๋ยคอกทำให้น้ำหนักแห้งของต้นและรากของข้าวฟ่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1) คือ น้ำหนักแห้งของต้นเพิ่มขึ้นจาก 8.71 กรัม/กระถางที่ระดับปุ๋ยคอก 0 ตัน/ไร่ เป็น 13.54 กรัม/กระถางที่ระดับปุ๋ยคอก 6 ตัน/ไร่ และน้ำหนักแห้งของรากเพิ่มขึ้นจาก 2.01 เป็น 2.28 กรัม/กระถางที่ระดับปุ๋ยคอก 0 และ 6 ตัน/ไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ปรากฏว่าปุ๋ยคอกและ Al มีอิทธิพลร่วมกัน (Interaction) กล่าวคือการเพิ่มอัตราปุ๋ยคอกทำให้การลดลงของน้ำหนักแห้งของต้นและรากของข้าวฟ่างมีน้อยลงเมื่อมีการใส่ Al อัตราเพิ่มขึ้นเกี่ยวกับอิทธิพลของปุ๋ยคอกที่ช่วยลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมที่มีต่อพืชในถั่วพุ่ม

ก็ได้รับผลเช่นเดียวกัน (Sripong, 1991)

ปริมาณแร่ธาตุอาหารในต้นข้าวฟ่าง

เมื่อไม่ได้ใส่ปุ๋ยคอกความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในต้นข้าวฟ่างเพิ่มขึ้นตามปริมาณของ Al ที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะที่ระดับ 3 me Al/100 g อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) แต่เมื่อได้มีการใส่ปุ๋ยคอกเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในต้นข้าวฟ่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่ากรดอินทรีย์ที่ได้จากการสลายตัวของปุ๋ยคอกทำปฏิกิริยาเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับ Al ในดินซึ่งทำให้มี Al ที่พืชจะดูด

Table 2 Influence of aluminum and cattle manure treatments on Al and P concentration in sorghum tops.

Cattle manure added (ton/rai)	Aluminum added (me Al/100 g)				Mean
	0	1	2	3	
<u>Plant Al (ppm)</u>					
0	247.64	229.22	335.39	905.62	429.47
2	203.97	197.95	231.90	663.69	324.38
4	192.42	189.82	196.30	245.13	205.92
6	189.69	179.63	201.68	185.52	189.13
Mean	208.43	199.16	241.32	499.99	
LSD (0.05) : Aluminum = 202.42					
Cattle Manure = 202.42					
Aluminum x Cattle Manure = NS					
<u>Plant P (%)</u>					
0	0.43	0.35	0.44	0.14	0.34
2	0.47	0.46	0.38	0.28	0.40
4	0.51	0.38	0.32	0.33	0.39
6	0.44	0.41	0.36	0.31	0.38
Mean	0.46	0.40	0.38	0.27	
LSD (0.05) : Aluminum = 0.07					
Cattle Manure = NS					
Aluminum x Cattle Manure = NS					

ไปใช้ได้น้อยลง ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในดิน เช่นเดียวกับในรายงานของ Hue and Amien (1989)

การเพิ่ม AI ในดินยังทำให้ความเข้มข้นของ ฟอสฟอรัสในดินข้าวฟ่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ (ตารางที่ 2) ซึ่งอาจเนื่องจากการที่มี AI อยู่มากในสารละลายดินแล้วมีการทำปฏิกิริยากับ ฟอสฟอรัสเกิดเป็นสารประกอบอะลูมิเนียมฟอสเฟต ที่ไม่ละลายน้ำขึ้นทำให้ดินมีฟอสฟอรัสที่พืชจะ นำมาใช้ประโยชน์ได้น้อยลง Tan and Binger (1986) ก็ได้พบว่าในใบข้าวโพดเมื่อมีความเข้มข้น ของ AI สูงแล้วจะมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสต่ำ เช่นเดียวกัน

เกี่ยวกับปริมาณการดูดใช้แร่ธาตุอาหาร (Nutrient uptake) ในข้าวฟ่างได้แก่ P, K, Ca และ Mg นั้นปรากฏว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อมี การเพิ่ม AI ในดิน (ตารางที่ 3) Malkanthi et al. (1995) ได้ทำการศึกษเกี่ยวกับการดูดและการ เคลื่อนย้ายแร่ธาตุอาหารของพืชชนิดต่างๆพบว่า AI มีอิทธิพลทำให้มีการดูดใช้ Ca และ Mg ได้น้อยลง นอกจากนี้ Tan and Binger (1986) ก็ได้พบว่าเมื่อ เพิ่ม AI แล้วทำให้ข้าวโพดมีการดูดใช้ P ได้น้อยลง แต่จะมีผลเพียงเล็กน้อยกับการดูดใช้ K สำหรับการ ใส่ปุ๋ยคอกจะทำให้ข้าวฟ่างมีการดูดใช้แร่ธาตุ อาหารพวก P, K, Ca และ Mg ได้เพิ่มขึ้นอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ และมีข้อที่น่าสังเกตว่า การเพิ่ม ขึ้นในการดูดใช้ K, Ca และ Mg จะมีน้อยลง เมื่อ ใส่ AI อัตรามากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าปุ๋ยคอก ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดิน และทำปฏิกิริยา

เป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับ AI ในดิน ซึ่งจะทำ ให้มี AI ในสารละลายดินที่เป็นพิษกับพืชน้อยลง นอกจากนี้ปุ๋ยคอกยังมีแร่ธาตุอาหารต่างๆเป็นองค์ ประกอบอยู่จำนวนมากด้วย (Tisdale et al., 1993)

คุณสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวพืช

การเพิ่ม AI ในดินทำให้ pH ของดินลดลง แต่ทำให้ Effective CEC, Exchangeable AI และ % AI saturation ของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (ตารางที่ 4) สำหรับการเพิ่มปุ๋ยคอกมี อิทธิพลทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ แต่ทำให้ Exchangeable AI และ % AI saturation ของดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ปรากฏว่าปุ๋ยคอกและ AI มีอิทธิพล ร่วมกันต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินดังนี้คือ การ ใส่ปุ๋ยคอกทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นได้น้อยลงเมื่อมี ปริมาณ AI ในดินมากขึ้นและการใส่ปุ๋ยคอกทำให้ การลดลงของ Exchangeable AI และ % AI saturation มีน้อยลงเมื่อมีปริมาณ AI ในดินมากขึ้น Tisdale et al. (1993) ได้อธิบายเกี่ยวกับประ โยชน์ ของปุ๋ยคอกที่ทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น และ Takahashi et al. (1995) ก็ได้รายงานเกี่ยวกับ อิทธิพลของสารอินทรีย์ที่มีต่อปริมาณ AI ที่ละลาย ได้ในสารละลายดินได้แก่ Humus และ Allophanic materials ในดิน โดยสารอินทรีย์เหล่านี้จะทำ ปฏิกิริยากับ AI เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ที่ไม่ละลายน้ำขึ้น ซึ่งจะทำให้มี AI ที่ละลายได้ ในสารละลายดินลดลง

Table 3 Influence of aluminum and cattle manure treatments on nutrient uptake of sorghum tops.

Cattle manure added (ton/rai)	Aluminum added (me Al/100 g)				Mean
	0	1	2	3	
<u>P uptake (mg/pot)</u>					
0	37.33	12.64	2.87	0.07	13.23
2	52.35	28.14	14.41	2.44	24.34
4	58.35	39.97	25.67	16.12	35.02
6	59.84	49.08	41.10	27.88	44.48
Mean	51.97	32.46	21.10	11.63	
LSD (0.05) : Aluminum = 5.55					
Cattle Manure = 5.55					
Aluminum x Cattle Manure = NS					
<u>K uptake (mg/pot)</u>					
0	496.68	200.26	43.88	2.62	185.86
2	711.98	400.53	232.33	45.50	347.59
4	766.15	681.24	535.05	255.85	559.57
6	939.68	838.99	792.16	568.43	784.81
Mean	728.62	530.26	400.86	218.1	
LSD (0.05) : Aluminum = 75.18					
Cattle Manure = 75.18					
Aluminum x Cattle Manure = 150.36					
<u>Ca uptake (mg/pot)</u>					
0	39.28	15.22	3.74	0.38	14.66
2	46.04	26.01	18.75	4.61	23.85
4	46.64	46.09	37.78	26.02	39.13
6	55.61	50.51	55.40	50.76	53.07
Mean	46.89	34.46	28.92	20.44	
LSD (0.05) : Aluminum = 5.02					
Cattle Manure = 5.02					
Aluminum x Cattle Manure = 10.04					
<u>Mg uptake (mg/pot)</u>					
0	24.30	5.43	1.39	0.14	7.82
2	35.38	20.39	12.96	2.06	17.83
4	46.62	46.65	31.07	2.06	17.83
6	46.62	40.59	49.54	38.89	46.22
Mean	40.54	28.27	23.74	14.13	
LSD (0.05) : Aluminum = 4.73					
Cattle Manure = 4.73					
Aluminum x Cattle Manure = 9.46					

Table 4 Influence of aluminum and cattle manure treatments on some soil chemical properties of soil used in the study.

Cattle manure added (ton/rai)	Aluminum added (me Al/100 g)				Mean
	0	1	2	3	
	<u>Soil pH</u>				
0	0.48	3.83	3.49	3.10	3.63
2	4.35	4.20	3.54	3.30	3.85
4	4.64	4.19	3.70	3.53	4.02
6	4.92	4.53	3.96	3.51	4.23
Mean	4.50	4.19	3.67	3.36	
LSD (0.05) : Aluminum = 0.07					
Cattle Manure = 0.07					
Aluminum x Cattle Manure = 0.14					
	<u>Effective CEC (me/100 g)</u>				
0	1.43	1.83	2.29	3.58	2.28
2	1.44	1.93	2.36	3.07	2.20
4	1.64	1.78	2.18	2.85	2.11
6	1.93	1.98	2.21	2.98	2.28
Mean	1.61	1.88	2.26	3.12	
LSD (0.05) : Aluminum = 0.17					
Cattle Manure = 0.17					
Aluminum x Cattle Manure = 0.35					
	<u>Exchangeable Al (me/100 g)</u>				
0	0.18	0.32	0.52	1.40	0.61
2	0.09	0.14	0.36	0.75	0.34
4	0.02	0.10	0.29	0.49	0.23
6	0.00	0.01	0.14	0.48	0.16
Mean	0.07	0.14	0.33	0.78	
LSD (0.05) : Aluminum = 0.04					
Cattle Manure = 0.04					
Aluminum x Cattle Manure = 0.08					
	<u>% Al saturation</u>				
0	13.09	18.05	22.55	39.10	23.20
2	6.76	7.72	15.47	24.33	13.57
4	1.53	5.69	14.01	17.42	9.66
6	0.05	1.26	6.54	16.14	6.00
Mean	5.36	8.18	14.64	24.25	
LSD (0.05) : Aluminum = 1.53					
Cattle Manure = 1.53					
Aluminum x Cattle Manure = 3.06					

สรุปผลการทดลอง

การมีแร่ธาตุอะลูมิเนียม (Al) สูงในดินนั้นมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช คือเมื่อมีการเพิ่ม Al ในดินอัตรา 0, 1, 2 และ 3 me Al/100 g ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นและรากของข้าวฟ่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยคอกในดินอัตรา 0, 2, 4 และ 6 ดัน/ไร่ปรากฏว่าน้ำหนักแห้งของต้นและรากของข้าวฟ่างมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปุ๋ยคอกกับ Al มีอิทธิพลร่วมกัน (Interaction) คือ เมื่อใส่ปุ๋ยคอกอัตราเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การลดลงของน้ำหนักแห้งของต้นและรากของข้าวฟ่างมีน้อยลงเมื่อมีการใส่ Al อัตราเพิ่มขึ้นในดิน

การเพิ่ม Al ในดินทำให้ความเข้มข้นของ P ในดินข้าวฟ่าง และปริมาณการดูดใช้แร่ธาตุอาหาร (Nutrient uptake) พบก P, K, Ca และ Mg ในดินข้าวฟ่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการเพิ่มปุ๋ยคอกทำให้ข้าวฟ่างมีการดูดใช้ P, K, Ca และ Mg เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปุ๋ยคอกกับ Al มีอิทธิพลร่วมกันต่อการดูดใช้ K, Ca และ Mg กล่าวคือเมื่อใส่ปุ๋ยคอกอัตราเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้การเพิ่มขึ้นของการดูดใช้ K, Ca และ Mg มีน้อยลงที่ระดับอะลูมิเนียมสูงขึ้น การเพิ่มปุ๋ยคอกทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทำให้ปริมาณของ Exchangeable Al และ % Al saturation ในดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการใส่ปุ๋ยคอกทำให้การลดลงของ Exchangeable Al และ % Al saturation มีน้อยลงเมื่อใส่ Al เพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ปัทมา วิทยากร และ สุรศักดิ์ เสรีพงศ์ (2532) . อิทธิพลของดินกรดและการแก้ไขโดยการใส่ปูน และธาตุแมกเนเซียมต่อการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างที่ปลูกในดิน Ultisol ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รายงานผลการวิจัยในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 27 วันที่ 30 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2532. หน้าที่ 81-91.
- เริงศักดิ์ กตเวทิน (2525). ความไม่สม่ำเสมอของดินชุดยโสธร ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 130 หน้า.
- Ahmad, F. and K.H. Tan. (1986). Effect of organic matter on soybean seedlings grown in aluminum-toxic soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 50 : 656-661.
- Chapman, H.D. and P.F. Pratt. (1961). Methods of soil analysis for soils, plants, and waters. Division of Agricultural Sciences, University of California, Davis. 309 p.
- Clarkson, D.T. (1965). The effect of aluminum and some other trivalent cations on cell division in root apices of *Allium cepa*. Ann. Bot. (London) N. S. 29 : 309-315.
- Evans, C.E. and E.J. Kamprath. (1970). Lime response as related to percent Al saturation, solution Al, and organic matter content. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34 : 893-896.
- Foy, C.D. (1974). Effects of aluminum on plant growth. p. 601-642. In E.W. Carson (ed.) The plant root and its environment. Univ. Press of Virginia, Charlottesville. 691 p.

- Foy, C.D., R.L. Chaney and M.C. White. (1978). The physiology of metal toxicity in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29 : 511-566.
- Hue, N.V. and I. Amien. (1989). Aluminum detoxification with green manure. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 20 : 1499-1511.
- Jackson, M.L. (1958). Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 498 p.
- Malkanthi, D.R.R., K. Yokoyama, T. Yoshida, M. Moritsugu and K. Matsushita. (1995). Effect of low pH and Al on growth and nutrient uptake of several plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 41 : 161 - 165.
- McLean, E.O. (1965). Aluminum. In C.A. Black *et al.* (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy* 9 : 978-998.
- Pratt, P.F. (1965). Potassium and Sodium. In C.A. Black *et al.* (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy* 9 : 1022-1034.
- Sanchez, P.A. (1976). Properties and management of soils in the tropics. John Wiley & Sons, Inc., New York. 618 p.
- Seripong, S. (1991). Effect of manure on growth, nodulation and mineral composition of cowpea grown in aluminum-toxic soil. *Thai J. Agric. Sci.* 24 : 5-17.
- Shuman, L.M., E.L. Ramseur and R.R. Duncan. (1990). Soil aluminum effects on the growth and aluminum concentration of sorghum. *Agron. J.* 82 : 313-318.
- Suwanarit, A. (1985). Soil salinity and acidity . p. 12.1-12.47. In S. Jantawat *et al.* (ed.) *Soil, water, cropping systems research data bases relevant to rainfed Agriculture in Northeast Thailand.* Department of Soils, Kasetsart University, Bangkok. 747 p.
- Takahashi, T., T. Fukuoka and R.A. Dahlgren. (1995). Aluminum solubility and release rates from soil horizons dominated by aluminum-humus complexes. *Soil Sci. Plant Nutr.* 41 : 119-131.
- Tan, K.H. and A. Binger. (1986). Effect of humic acid on aluminum toxicity in corn plants. *Soil Sci.* 141 : 20-25.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton and J.H. Havlin. (1993). *Soil Fertility and Fertilizers.* 5 th ed. Macmillan Publishing Company. New York. 634 p.
- Thomas, G.W. (1982). Exchangeable cations. In A.L. Page (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2.* 2nd ed. *Agronomy* 9: 160-161.
- Vityakon, P., S. Seripong and M. Kongchum. (1988). Effects of manure on soil chemical properties, yields, and chemical compositions of Chinese kale grown in alluvial and sandy paddy soils of Northeast Thailand. I. Soil chemical properties and yields of Chinese kale. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 22 : 245-250.

การเจริญและผลผลิตของกระถินณรงค์และกระถินยักษ์ ในจังหวัดเชียงใหม่¹

Growth and Production of *Acacia* and *Leucaena* in Chiang Mai¹

จรรณ สุขเกษม² ชาวลิต ชโลธร² ดุสิต มานะจติ² และ กนิษฐา เอื้องสวัสดิ์²

Charoon Sukkasem², Chavalit Chalothorn², Dusit Manajuti², and Kanita Aoungsawad²

Abstract : The study on growth and production of *Acacia* sp. , ACACAU QLD and ACACAU PNG and *Leucaena* sp. , LEUCHY Kx3B and LEUCLE K636 were carried out for 3 years on Plinthic Paleaquults at Mae Hia Agricultural Research Station and Training Center, Faculty of Agriculture , Chiang Mai University.

It was found that LEUCLE K636 was the most promising multipurpose tree. It had the highest height and stem dry weight 11.19 m. and 24.91 kg/tree respectively. ACACAU PNG was the lowest growth and production. Thinning method encouraged to decrease the height but to increase the size of stem. However, there were no significant difference of biomass among them which ranged from 2.29-3.24 kg/tree.

บทคัดย่อ : การศึกษาการเจริญและผลผลิตของกระถินณรงค์พันธุ์ ACACAU QLD , ACACAU PNG และกระถินยักษ์พันธุ์ LEUCHY Kx3B และ LEUCLE K636 ได้ดำเนินการมาเป็นเวลา 3 ปี บนดิน Plinthic Paleaquults ที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1. Forest / Fuelwood Research and Development (F/FRED) Project.. Financed by the Winrock International Foundation

2. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50202

Department of Soil Science and Conservation , Faculty of Agriculture , Chiang Mai University , 50202

จากผลการทดลองปรากฏว่า กระถินยักษ์พันธุ์ LEUCLE K636 เป็นต้นไม้เอนกประสงค์ที่เหมาะสมที่สุด โดยมีความสูงเฉลี่ย 11.19 เมตร และมีน้ำหนักแห้ง 24.91 กิโลกรัม/ต้น ส่วนกระถินณรงค์พันธุ์ ACACAU PNG เจริญเติบโตและให้ผลผลิตต่ำสุด การลิดกิ่งช่วยลดความสูงของต้นไม้ แต่ช่วยเพิ่มขนาดของลำต้น อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนักแห้งของใบ ดอก และผล ซึ่งอยู่ระหว่าง 2.29 - 3.24 กิโลกรัม/ต้น

Index words : กระถินณรงค์, กระถินยักษ์, *Acacia*, *Leucaena*

คำนำ

จากสภาพพื้นที่ สิ่งแวดล้อม และการจัดการ ฟาร์มระดับครัวเรือนของเกษตรกรในประเทศกำลังพัฒนามักจะส่งผลให้มีพื้นที่ว่างซึ่งไม่สามารถปลูกพืชเศรษฐกิจได้ เช่น พื้นที่บริเวณขอบเขตของฟาร์ม คันทาที่ว่างเปล่าและที่ชายป่า เป็นต้น พื้นที่เหล่านี้สามารถปลูกไม้เอนกประสงค์ (Multipurpose tree species, MPTS) จำพวกกระถินณรงค์ และกระถินยักษ์ได้ดี เพราะมีระบบรากลึกสามารถเจริญเติบโตได้ในดินเลว ทนแล้ง ให้ผลผลิตสูง (Kinch and Ripperton, 1962) ไม้เอนกประสงค์เป็นแหล่งอาหารสัตว์ที่สำคัญ โดยเฉพาะฤดูแล้ง ซึ่งขาดแคลนอาหารสัตว์จากแหล่งอื่น ๆ นอกจากนี้ ไม้เอนกประสงค์ยังสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น เป็นอาหารมนุษย์ ทำเอื่อกระดาษ ไม้ฟืน ไม้ก่อสร้างและเครื่องเรือน บำรุงดิน ให้ร่มเงากันลมและป้องกันการพังทลายของดิน ขยายเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร และทำให้สภาพแวดล้อมดีขึ้น (Nitis et al., 1989) ถึงแม้ไม้เอนกประสงค์จะมีคุณค่าเพียงไรแต่เกษตรกรในทวีปเอเชียยังมีการปลูกไม้เอนกประสงค์กันน้อย (Topark - Ngarm, 1989) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไม่รู้คุณค่า หรือขาดความรู้ในการจัดการ

เพื่อให้มีการปลูกและใช้ประโยชน์จากไม้เอนกประสงค์มากขึ้น จึงควรอย่างยิ่งที่จะได้เผยแพร่ข้อมูลที่สำคัญต่างๆเกี่ยวกับไม้เอนกประสงค์ต่อเกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องของความจำ

เป็นและความต้องการ ชนิดและพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมหรือการจัดการที่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อจะนำไปสู่ระบบการทำฟาร์มแบบพึ่งตนเอง และให้ผลยั่งยืนแก่เกษตรกร การศึกษาครั้งนี้จึงได้นำกระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) สองพันธุ์คือ Wenlock, QLD(ACACAU QLD) กับ Bensbach, PNG (ACACAU PNG) และกระถินยักษ์ (*Leucaena*) สองพันธุ์คือ *Leucaena hybrid* (LEUCHY Kx3B) กับ *Leucaena leucocephala* (LEUCLE K636) มาศึกษาในพื้นที่ตัวแทนในจังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินการเจริญและผลผลิตในรูปไม้ใช้สอย ไม้ฟืน(ลำต้น กิ่ง และก้าน) และอาหารสัตว์(ใบ ดอก และผล) ของกระถินณรงค์ และกระถินยักษ์แต่ละพันธุ์ภายใต้การจัดการต่างกัน ทั้งนี้เพื่อจะเป็นแนวทางในการส่งเสริมให้เกษตรกรได้ปลูกไม้เอนกประสงค์ไว้ใช้ประโยชน์ต่อไป

พื้นที่ศึกษา

ใช้พื้นที่ของสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหิยะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล 312 เมตร ในดิน Plinthic Paleaquults ซึ่งเป็นดินลึกมากมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ และการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว โดยมีผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินได้ผลดังแสดงใน Table 1 และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1099.5 มม/ปี ใน Table 2

Table 1 The results of soil analysis at MPTS plot, Mae Hia Agricultural Research Station and Training Center, Chiang Mai University.

Parameter	Soil Depth (cm.)	
	0 - 20	20 - 40
pH	5.75	5.40
L.R. (CaCO ₃ /rai)	173.16	202.02
O.M. (%)	1.47	0.75
N Total (%)	0.077	0.035
P (ppm)	11.00	11.00
K (ppm)	15.00	12.00
Fe (ppm)	3.75	4.75
S (ppm)	46.20	44.60
Texture	Sandy Clay Loam	Sandy Loam
Sand (%)	54.60	54.60
Silt (%)	27.80	25.80
Clay (%)	17.60	19.60

Table 2 The average meteorological data (1986- 1991) of Mae Hia Agricultural Research Station and Training Center, Chiang Mai University.

Month	Air temperature, °C			Air Humidity, %			Rain mm	E-pan mm/d	Wind km/d	Sunshine(hrs)		Solar rad.*		PET mm/d
	max	min	mean	max	min	mean				act.	poss.	act.	poss.	
Jan	29.2	11.1	18.6	18.6	98.5	24.1	1.6	4.1	2.0	8.8	11.0	7.1	11.4	2.2
Feb	31.2	12.5	12.5	20.4	98.0	21.6	2.7	5.0	59.8	9.1	11.4	8.0	12.8	3.3
Mar	34.1	16.5	16.5	24.0	93.6	21.8	2.4	6.2	81.5	8.1	11.9	8.3	14.5	4.0
Apr	35.5	21.2	21.2	27.3	90.6	25.7	43.9	7.0	91.3	8.0	12.4	8.8	15.7	4.8
May	33.3	21.6	21.6	26.6	95.5	36.6	113.4	5.9	98.2	7.5	12.9	8.6	16.2	4.9
Jun	30.7	21.7	21.7	25.6	96.5	50.1	126.9	4.1	96.0	3.7	13.1	6.5	16.2	4.0
Jul	30.3	21.6	21.6	25.3	96.5	50.7	125.8	4.1	85.8	2.8	13.0	6.1	16.2	3.7
Aug	29.9	21.4	21.4	26.1	96.5	58.0	832.8	3.7	69.8	3.6	12.7	6.5	16.9	3.7
Sep	30.3	21.4	21.4	25.2	96.8	53.5	156.9	3.4	64.3	4.6	12.1	6.7	14.9	3.7
Oct	29.8	20.1	20.1	24.2	97.4	49.3	110.2	3.9	59.5	6.0	11.6	6.8	13.4	3.3
Nov	28.6	16.7	16.7	21.8	97.7	40.8	52.6	3.6	50.7	6.9	11.1	6.5	11.7	2.7
Dec	27.1	12.2	12.2	18.5	98.8	27.5	30.5	3.45	48.7	7.1	10.9	6.2	10.9	2.2
Total							1099.5							
Mean	30.8	18.2	23.6	69.4	37.9	67.2	91.6	4.5	71.5	6.3	12.0	7.2	14.1	3.5

* Solar radiation : equivalent to evaporating water (mm/d)

วิธีการศึกษา

เพาะกล้าในถุงพลาสติก เมื่อกล้าไม้สูงประมาณ 30 ซม. จึงย้ายปลูกลงแปลงทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomize Complete - Block มีทั้งหมด 12 treatment combinations ประกอบด้วย พืช 2 ชนิด x 2 พันธุ์ x 3 วิธีการจัดการ (ควบคุม , ลิดกิ่ง , ตัดสาขาระยะ) จำนวน 4 ซ้ำ ในแต่ละหน่วยการทดลองประกอบด้วยต้นไม้ 36 ต้น โดยปลูกแบบ 6 x 6 ต้น แต่ละต้นปลูกห่างกัน 2 เมตร

1. การตรวจวัดการเจริญของต้นไม้วัดเมื่ออายุได้ 6, 12, 18, 24, 30 และ 36 เดือน ดังนี้

1.1 ความสูง (Height) วัดจากโคนต้นถึงยอดไม้

1.2 เส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้น (Basal diameter, BD) วัดที่ความสูง 10 ซม. จากพื้นดิน

1.3 เส้นผ่าศูนย์กลางระดับอก (Diameter breast height, DBH) วัดที่ความสูง 1.3 เมตร จากพื้นดิน

การวัดเส้นผ่าศูนย์กลางถ้ามีลำต้นแยกจากลำต้นหลัก ในระดับที่ต่ำกว่า 10 ซม. ในข้อ 1.2 และ 50 ซม. ในข้อ 1.3 คือมีมากกว่า 1 ต้นจะวัดทุกต้น แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยดังสูตร

$$da = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2}$$

เมื่อ da คือ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และ $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ คือ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ 1, 2, 3n

2. มวลชีวภาพ (Biomass) เป็นการหาน้ำหนักแห้งทั้งหมด เมื่ออายุได้ 36 เดือน ซึ่ง

จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ลำต้น (Stem) , กิ่งและก้าน (Branches และ Twigs) , ใบ ดอก และ ผล (Foliage, Flowers และ Fruits) โดยเลือกตัดต้นไม้ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอกใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอกของหน่วยทดลองนั้น หน่วยทดลองละ 4 ต้น แต่ละต้นแยกเป็น 3 ส่วน ดังกล่าว นำทุกส่วนไปห่าน้ำหนักสด แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างแต่ละส่วน มา 200 - 300 กรัม นำตัวอย่างไปอบจนแห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักแห้งของตัวอย่างนั้นๆ เพื่อคำนวณค่าน้ำหนักแห้งทั้งหมดทั้ง 3 ส่วนของต้นดังกล่าวต่อไป

3. ความหนาแน่นเนื้อไม้ (Specific gravity) ศึกษาเมื่ออายุได้ 36 เดือน โดยตัดไม้จากส่วนโคนต้น ส่วนกลาง ส่วนปลายของลำต้นหลัก และกิ่ง หนา 3 - 5 ซม. ส่วนละ 1 ท่อน เพื่อเป็นตัวแทนของเนื้อไม้ แกะเปลือกออก แล้วนำไปหาปริมาตรโดยการแทนที่น้ำ หลังจากนั้นอบจนแห้งชั่งหาน้ำหนักแห้ง เพื่อคำนวณหาความหนาแน่นดังสมการ

$$\text{ความหนาแน่นเนื้อไม้} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของท่อนไม้ทั้งหมด}}{\text{ปริมาตรน้ำที่ถูกแทนที่โดยเนื้อไม้}}$$

ผลการศึกษา

การเจริญและผลผลิตจากไม้เอนกประสงค์ 4 พันธุ์ ภายใต้การควบคุม , ลิดกิ่ง และ ตัดสาขาระยะ ระยะเวลา 3 ปี โดยมีผลการศึกษาดังนี้

1. ความสูง LEUCLE K636 เจริญทางด้านความสูงสูงกว่าพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.05$) โดยมีความสูงเฉลี่ย 11.19 เมตร เมื่ออายุ 3 ปี รองลงมาคือ LEUCHY Kx3B , ACACAU QLD และ ACACAU PNG ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 9.86 , 9.29 และ 8.41 เมตร ตามลำดับ (Table 3) สำหรับวิธีการจัดการไม่ส่งผลให้ความสูงต่างกันในทุกพันธุ์

แต่ก็มีแนวโน้มว่าการ ตัดสาขาระยะทำให้
ความสูงน้อยกว่าการควบคุม และ ลิดกิ่ง

การเจริญสูงในสองปีแรกโดยกระถินยักษ์มีอัตราการ
เจริญสูงสุดในปีแรกแต่กระถินณรงค์มีอัตราการเจริญ
สูงสุดในปีที่สอง

ลักษณะการเจริญทางด้านความสูงจากการ
วัดทุก ๆ 6 เดือน พบว่าพืชทั้งสองชนิดมีอัตรา

Table 3 The average height of *Acacia* and *Leucaena* species at 6, 12, 18, 24, 30 and 36 months after transplanting

Treatment	Height (m.)					
	mo 6	12	18	24	30	36
1 ACACAU QLD	1.64	3.72	5.20	7.59	8.14	9.70
2 ACACAU QLD	1.85	4.10	5.34	7.85	9.15	10.12
3 ACACAU QLD	1.54	3.32	4.30	6.37	7.13	8.06
MEAN	1.67	3.71	4.95	7.27	8.14	9.29 ^{bc}
4 ACACAU PNG	1.52	3.17	4.10	6.57	7.42	8.59
5 ACACAU PNG	1.55	3.16	4.36	6.34	6.72	8.40
6 ACACAU PNG	1.73	3.31	4.57	6.75	7.05	8.24
MEAN	1.60	3.21	4.34	6.55	7.06	8.41 ^c
7 LEUCHY Kx3B	1.49	4.57	5.54	7.70	8.72	9.38
8 LEUCHY Kx3B	1.76	4.75	5.74	7.62	9.17	9.71
9 LEUCHY Kx3B	1.65	4.48	5.51	7.53	8.32	10.47
MEAN	1.63	4.60	5.60	7.62	8.74	9.85 ^b
10 LEUCLE 636	1.83	5.66	6.78	9.14	10.80	11.87
11 LEUCLE 636	1.71	5.06	6.44	9.15	10.08	10.82
12 LEUCLE 636	1.87	5.98	6.82	8.99	10.10	10.88
MEAN	1.80	5.57	6.68	9.09	10.33	11.19
LSD. 0.05	1.17					

2. เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

2.1 เส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้น LEUCLE K636 มีค่าสูงกว่าพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.05$) โดยมีขนาดเฉลี่ย 12.69 ซม. เมื่ออายุ 3 ปี รองลงมาคือ ACACAU QLD , LEUCHY Kx3B และ ACACAU PNG ซึ่งมีขนาดเฉลี่ย 11.40 , 10.71 และ 10.52 ซม. ตามลำดับ (Table 4) ส่วนวิธีการจัดการไม่ส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้น แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 4 พันธุ์ แต่มีแนวโน้มว่า

การตัดสาขาระยะทำให้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง โคนต้นมากกว่าการควบคุม และ ลิดกิ่ง สำหรับ อัตราการเจริญพบว่าทุกพันธุ์มีอัตราการเจริญสูง ในระยะสองปีแรกและกระถินยักษ์มีอัตราการเจริญ มากกว่ากระถินณรงค์ในปีแรก โดย LEUCLE 636 มีอัตราการเจริญสูงที่สุด แต่ในปีที่สอง กระถินณรงค์มีอัตราการเจริญสูงกว่ากระถินยักษ์ โดย ACACAU QLD มีอัตราการเจริญสูงที่สุด

Table 4 The average basal diameter of *Acacia* and *Leucaena* species at 6, 12, 18, 24, 30 and 36 months after transplanting.

Treatment	Basal diameter (cm.)					
	mo 6	12	18	24	30	36
1 ACACAU QLD	1.73	4.62	7.51	9.39	11.99	12.20
2 ACACAU QLD	1.97	4.73	7.36	9.24	10.66	11.71
3 ACACAU QLD	1.62	3.98	6.30	7.74	9.98	10.28
MEAN	1.77	4.44	7.06	8.79	10.88	11.40 ^a
4 ACACAU PNG	1.79	4.42	6.98	8.17	9.32	10.17
5 ACACAU PNG	1.95	4.12	6.61	7.70	8.96	10.07
6 ACACAU PNG	1.93	4.25	7.06	8.03	10.21	11.31
MEAN	1.89	4.26	6.88	7.97	9.50	10.52 ^b
7 LEUCHY Kx3B	1.57	4.71	6.41	8.00	9.28	9.96
8 LEUCHY Kx3B	1.94	5.22	7.35	8.26	9.97	10.61
9 LEUCHY Kx3B	1.71	4.59	6.27	7.49	8.32	11.57
MEAN	1.74	4.84	6.68	7.92	9.19	10.71 ^b
10 LEUCLE 636	1.79	5.42	7.59	9.04	10.49	12.76
11 LEUCLE 636	1.81	5.20	6.88	8.97	9.52	11.35
12 LEUCLE 636	1.93	5.93	7.99	9.45	10.67	13.97
MEAN	1.84	5.52	7.49	9.15	10.23	12.69 ^a
LSD. 0.0						1.23

2.2 เส้นผ่าศูนย์กลางระดับอก เจริญสอดคล้องกับเส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้น โดย LEUCLE K636 มีค่าสูงกว่าพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.05$) และมีขนาดเฉลี่ย 9.16 ซม. เมื่ออายุ 3 ปี รองลงมาคือ ACACAU QLD , LEUCHY Kx3B และ ACACAU PNG ซึ่งมีขนาดเฉลี่ย 8.34 , 7.83 และ 7.79 ซม. ตามลำดับ (Table 5) ส่วนวิธีการจัดการไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างในทุกพันธุ์ แต่มีแนวโน้มว่าการตัดสาขาขยายระยะ มีส่วนทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางระดับอกมากกว่าการควบคุมและ ลิดกิ่ง

3. มวลชีวภาพ ศึกษาเมื่ออายุ 3 ปีโดยแบ่งพืชออกเป็น 3 ส่วน คือ ลำต้น , กิ่ง ก้าน และ ใบ ดอก ผล (Table 6)

3.1 น้ำหนักแห้งลำต้น LEUCLE K636 มีค่าสูงสุดโดยมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 24.91 กก./ต้น แตกต่างจากพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.05$) รองลงมาคือ LEUCHY Kx3B , ACACAU QLD และ ACACAU PNG ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 17.35 , 16.19 และ 13.71 กก./ต้น ตามลำดับ สำหรับวิธีการจัดการไม่ส่งผลให้น้ำหนักแห้งลำต้นแตกต่างกันในทุกพันธุ์

3.2 น้ำหนักแห้งกิ่งและก้าน พบว่า LEUCHY Kx3B มีน้ำหนักแห้งของกิ่งและก้านเฉลี่ยมากที่สุดที่ 6.27 กก./ต้น รองลงมาคือ ACACAU PNG , LEUCLE K636 และ ACACAU QLD

Table 5 The average diameter breast height of *Acacia* and *Leucaena* species at 6, 12, 18, 24, 30 and 36 months after transplanting.

Treatment	Diameter breast height (cm.)					
	mo 6	12	18	24	30	36
1 ACACAU QLD	0.62	2.95	4.25	6.82	7.69	8.88
2 ACACAU QLD	0.61	3.15	4.99	6.74	7.82	8.64
3 ACACAU QLD	0.58	2.38	3.21	5.58	6.99	7.51
MEAN	0.60	2.83	4.15	6.38	7.50	8.34 ^{ab}
4 ACACAU PNG	0.57	2.50	3.08	6.64	6.80	7.26
5 ACACAU PNG	0.64	2.44	4.05	5.73	6.80	7.79
6 ACACAU PNG	0.72	2.56	4.15	5.96	7.49	8.33
MEAN	0.64	2.50	3.76	6.11	7.03	7.79 ^b
7 LEUCHY Kx3B	0.62	3.23	3.75	5.97	6.89	7.35
8 LEUCHY Kx3B	0.88	3.54	4.49	6.06	7.28	7.82
9 LEUCHY Kx3B	0.85	3.33	3.53	5.68	6.56	8.32
MEAN	0.78	3.37	3.92	5.90	6.91	7.83 ^b
10 LEUCLE 636	0.84	4.02	5.06	7.62	7.78	9.01
11 LEUCLE 636	0.83	3.70	4.77	6.68	6.90	8.09
12 LEUCLE 636	0.90	4.62	5.26	7.13	9.32	10.38
MEAN	0.85	4.11	5.03	7.14	8.00	9.16 ^a
LSD. 0.05						1.00

Table 6 The average dry weight (kg/tree) of stem , branches+twigs , foliage+flowers+ fruits of *Acacia* and *Leucaena* species at 36 months after transplanting.

Treatment	Stem	Branches+twigs	Foliage+Flowers+Fruits
1 ACACAU QLD	18.37	5.70	2.64
2 ACACAU QLD	18.30	4.89	2.23
3 ACACAU QLD	11.88	3.02	2.01
MEAN	16.19 ^b	4.54 ^a	2.29 ^a
4 ACACAU PNG	15.02	6.42	3.14
5 ACACAU PNG	12.32	3.53	2.58
6 ACACAU PNG	13.78	7.30	3.62
MEAN	13.71 ^b	5.75 ^a	3.11 ^a
7 LEUCHY Kx3B	18.91	6.26	2.04
8 LEUCHY Kx3B	19.32	7.79	4.31
9 LEUCHY Kx3B	13.81	4.77	2.26
MEAN	17.35 ^b	6.27 ^a	2.87 ^a
10 LEUCLE K636	25.72	4.44	2.00
11 LEUCLE K636	22.53	4.08	2.04
12 LEUCLE K636	26.48	8.34	5.68
MEAN	24.91 ^a	5.62 ^a	3.24 ^a
LSD. 0.05	5.37	1.80	1.42

ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 5.75, 5.62 และ 4.54 กก./ต้น ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติทั้งชนิดของพันธุ์และวิธีการจัดการ

3.3 น้ำหนักแห้ง ใบ ดอก และ ผล พบว่า LEUCLE K636 มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุดที่ 3.24 กก./ต้น รองลงมาคือ ACACAU PNG, LEUCHY Kx3B และ ACACAU QLD ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 3.11, 2.87 และ 2.29 กก./ต้นตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติทั้งชนิดของพันธุ์ และวิธีการจัดการ

4. ความหนาแน่นเนื้อไม้ กระถินยักษ์มีค่ามากกว่ากระถินณรงค์และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.05$) โดย LEUCHY Kx3B มีค่ามากที่สุดที่ 0.65 กรัม/ลบ.ซม. รองลงมาคือ LEUCLE K636, ACACAU PNG และ ACACAU QLD ซึ่งมีค่า 0.63, 0.55 และ 0.50 กรัม/ลบ.ซม. ตามลำดับ ส่วนวิธีการจัดการไม่มีผลต่อความหนาแน่นเนื้อไม้ (Table 7)

Table 7 The average specific gravity of *Acacia* and *Leucaena* species at 36 months after transplanting.

Treatment	Specific gravity g/cm ³
1 ACACAU QLD	0.58
2 ACACAU QLD	0.48
3 ACACAU QLD	0.52
MEAN	0.50 ^b
4 ACACAU PNG	0.52
5 ACACAU PNG	0.57
6 ACACAU PNG	0.56
MEAN	0.55 ^b
7 LEUCHY Kx3B	0.64
8 LEUCHY Kx3B	0.64
9 LEUCHY Kx3B	0.69
MEAN	0.65 ^a
10 LEUCLE K636	0.68
11 LEUCLE K636	0.63
12 LEUCLE K636	0.59
MEAN	0.63 ^a
LSD. 0.05	0.05

สรุปผลการศึกษา

การเจริญและผลผลิตจากไม้เอนกประสงค์สองชนิดคือ กระถินณรงค์ 2 พันธุ์ (ACACAU QLD และ ACACAU PNG) กับ กระถินยักษ์ 2 พันธุ์ (LEUCHY Kx3B และ LEUCLE K636) ภายใต้การควบคุม ลิดกิ่ง และตัดสาขาระยะปรากฏว่า

1. ทุกพันธุ์มีอัตราการเจริญสูงในสองปีแรก จากการเปรียบเทียบเมื่ออายุ 3 ปี พบว่า LEUCLE K636 เจริญสูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ยของความสูงถึง 11.19 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้น 12.69 ซม. และเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอก 9.16 ซม. ส่วน ACACAU QLD และ LEUCHY KX3B เจริญระดับกลาง ขณะที่ ACACAU PNG เจริญน้อยกว่าทุกพันธุ์

2. ผลผลิตในรูปไม้ใช้สอยและไม้ฟืน LEUCLE K636 ให้น้ำหนักแห้งลำต้นเฉลี่ยมากที่สุดที่ 24.91 กก./ต้น ส่วน ACACAU PNG ให้ค่าต่ำสุดเพียง 13.71 กก./ต้น ขณะที่น้ำหนักแห้งกิ่งและก้านมีค่าใกล้เคียงกันทุกพันธุ์ โดย LEUCHY KX3B ให้ค่ามากที่สุดที่ 6.27 กก./ต้น และ ACACAU QLD ให้ค่าน้อยที่สุดที่ 4.54 กก./ต้น สำหรับความหนาแน่นเนื้อไม้ พบว่ากระถินยักษ์มีค่าสูงกว่ากระถินณรงค์ โดย LEUCHY KX3B มีค่าสูงสุดที่ 0.65 กรัม/ลบ.ซม. และ ACACAU QLD ให้ค่าต่ำสุดที่ 0.50 กรัม/ลบ.ซม.

3. ผลผลิตในรูปอาหารสัตว์ ทุกพันธุ์ให้น้ำหนักแห้งของใบ ดอก และผลใกล้เคียงกัน โดย LEUCLE K636 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 3.24 กก./ต้น และ ACACAU QLD ให้ค่าต่ำสุดที่ 2.29 กก./ต้น

4. วิธีการควบคุม ลิดกิ่งและตัดสาขาระยะไม่ส่งผลให้การเจริญและผลผลิตของทุกพันธุ์แตกต่างกันทางสถิติแต่มีแนวโน้มว่าการตัดสา

ขยายระยะ ทำให้การเจริญด้านความสูงลดลง และมีผลทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มมวลชีวภาพและความหนาแน่นเนื้อไม้

เอกสารอ้างอิง

Kinch, D.M. , J.C. Ripperton. 1962. Koa haole , production and processing. Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, Honolulu, HI, USA. Bulletin 129.

Nitis, I.M. , K. Lana , W. Sukanten , M. Suarna , and S. Putra. 1989. The concept and development of the three - strata forage system. Shrubs and Tree Fodders for Farm Animals. Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia, 24-29 July 1987. pp 92-102.

Topark - Ngarm , A. 1989. Shrubs and tree fodders in farming system in Asia. Shrubs and tree fodders for farm animals. Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia, 24-29 July 1989. pp 12-21.

Table 7 The average specific gravity of Acacia and Leucaena species at 30 months after transplanting.

Treatment	Specific Gravity g/cm ³
1 ACACIA QLD	0.52
2 ACACIA QLD	0.46
3 ACACIA QLD	0.52
MEAN	0.50
4 ACACIA PNG	0.52
5 ACACIA PNG	0.51
6 ACACIA PNG	0.52
MEAN	0.52
7 LEUCAYA KAS	0.51
8 LEUCAYA KAS	0.46
9 LEUCAYA KAS	0.50
MEAN	0.52
10 LEUCAYA KAS	0.52
11 LEUCAYA KAS	0.50
12 LEUCAYA KAS	0.50
MEAN	0.52
LDG.0.08	0.52

การศึกษาเกี่ยวกับวิธีการตัดแต่งกิ่งกาเฟอร่าบิก้าที่เหมาะสม สำหรับต้นกาเฟเก่า

Study on Pruning Method for Old Arabica Coffee Tree

นริศ ยิ้มแย้ม¹ วีระเดช พรหมวงศ์¹ ประเสริฐ คำออน²
Narit Yimyam¹ Theeradej Promwong¹ Prasert Khamon¹

Abstract : Four methods of pruning; stumping, side pruning, clipping and no pruning (as control), were carried out on 8 years old coffee tree (*Coffea arabica* L. var. Caturra). After 4 years of the experiment, stumping and side pruning showed maximum rate of height increase and number of primary branch which were significantly differences from no pruning. Stumping promoted the maximum result in the yield components (number of primary fruiting branch, number of node/primary fruiting branch, number of berries/node, fruit fresh weight and bean weight from 100 berries). Moreover the percentage of grade A bean from stumping method was also significantly highest.

บทคัดย่อ : จากการทดลองหาวิธีการตัดแต่งกิ่งกาเฟอร่าบิก้าที่เหมาะสม ซึ่งได้แก่วิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping, Side pruning, Clipping และ ไม่ตัดแต่งกิ่งเลย (Control) กับต้นกาเฟอร่าบิก้าสายพันธุ์แคทัวร่า ที่มีอายุ 8 ปี หลังจากการทดลองได้ 4 ปี พบว่าวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping และ Side pruning จะให้อัตราการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง และจำนวนกิ่งแขนงที่ 1 เพิ่มขึ้นมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับวิธีการที่ไม่ได้ตัดแต่งเลย สำหรับในด้านองค์ประกอบของผลผลิต พบว่าวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะให้จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 ที่ให้ผลผลิตจำนวนข้อที่ให้ผลผลิตต่อกิ่งแขนงที่ 1 จำนวนผลต่อข้อ น้ำหนักผลสด และสารกาแฟจาก 100 ผล มากที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับวิธีการอื่นๆ ส่วนในด้านของผลผลิตยังพบว่าวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะให้น้ำหนักของผลสด และสารกาแฟต่อต้นสูงที่สุด และในขณะที่เดียวกันยังให้เปอร์เซ็นต์สารกาแฟเกรด A สูงที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบอื่นๆ

Index words : กาเฟอร่าบิก้า, การตัดแต่ง, Arabica Coffee, Prunning, Stumping

1. ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูงที่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
Highland Coffee Research and Development Centre, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200
2. สถานีวิจัยและฝึกอบรมเกษตรกรที่สูง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
Highland Research and Training Station, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

คำนำ

กาแฟอาราบิก้า (Arabica coffee) เป็นพืชที่ขึ้นอยู่บนที่สูงตามธรรมชาติภายใต้ร่มเงาต้นไม้ในป่าของเอธิโอเปีย ซึ่งมีความสูงอยู่ระหว่าง 1,350-1,800 เมตรจากระดับน้ำทะเล สำหรับภาคเหนือของประเทศไทยกาแฟอาราบิก้าเจริญให้ผลดีที่ความสูง 1,200-1,300 เมตรจากระดับน้ำทะเล แต่ไม่ควรเกิน 1,500 เมตรและไม่ควรปลูกกาแฟอาราบิก้าต่ำกว่า 800 เมตร อุณหภูมิที่เหมาะสม โดยทั่วไป 15.5-23.8 °c กาแฟจะออกดอกมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิกลางคืน 17 °c และอุณหภูมิกลางวัน 23 °c สำหรับปริมาณน้ำฝนโดยทั่วไปควรมีประมาณ 75 นิ้วต่อปี (1900 มม.ต่อปี) แต่ต้องตกแผ่กระจายเป็นเวลานานพอสมควร และมีช่วงของฤดูแล้งประมาณ 2-3 เดือนเพื่อการสร้างตาดอก (อักษรและพงษ์ศักดิ์, 2537)

ซึ่งในการผลิตกาแฟอาราบิก้านั้นนอกจากต้องพิจารณาถึงสิ่งแวดล้อมแล้วยังจะต้องเข้าใจถึงนิสัยการเจริญเติบโตเพราะว่าการให้ผลผลิตของกาแฟนั้น จะแตกต่างจากพืชอื่นโดย Wrightley (1988) ได้อธิบายไว้ว่ากิ่งกาแฟจะประกอบไปด้วยกิ่ง 2 ชนิด (Dimorphic branch) ซึ่งได้แก่ กิ่งตั้งตรงหรือลำต้นหลัก (Orthotropic branch, Vegetative branch) และกิ่งข้างหรือกิ่งแขนงหรือกิ่งนอน (Plagiotropic branch, Reproductive branch or Fruiting branch)

Fermie (1968) กล่าวว่า การตัดแต่งกิ่งกาแฟนั้นจำเป็นและสำคัญมาก เพื่อที่จะทำให้อัตราส่วนของใบและผลอยู่ในอัตราที่เหมาะสมกัน เป็นวิธีการป้องกันมิให้ต้นกาแฟติดผลมากเกินไป และยังคงควบคุมความหนาแน่นของทรงพุ่มของต้นกาแฟ

ให้มีรูปร่างที่เหมาะสมซึ่ง จะส่งผลให้ต้นกาแฟนั้นมีผลผลิตที่สูงและให้ยาวนานต่อไปการตัดแต่งกิ่งกาแฟอาราบิก้านั้น โดยทั่วไปมีอยู่หลายวิธีการขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะปลูก ระบบการปลูก การระบาดของโรคแมลง และแรงงานในการจัดการ เป็นต้น

Op De Laak (1992) กล่าวว่าโดยทั่วไปพื้นฐานของระบบการตัดแต่งกิ่งกาแฟอาราบิก้านั้นขึ้นอยู่กับด้วยกัน 2 ระบบใหญ่คือ การตัดแต่งกิ่งแบบลำต้นเดียว และการตัดแต่งกิ่งแบบหลายลำต้น โดยในแต่ละระบบก็ยังมีแบ่งออกเป็นระบบย่อยออกไปได้หลายอย่าง ในแต่ละประเทศก็นิยมใช้ระบบของการตัดแต่งกิ่งแตกต่างกันไป ประเทศ Tanganyika ได้มีการใช้ระบบการตัดแต่งกิ่งแบบหลายลำต้นเท่านั้น ใน Zimbabwe ได้ใช้ทั้งระบบลำต้นเดียว และหลายลำต้น ส่วนในสวาวยใช้ระบบลำต้นเดียวและระบบมี 5 ลำต้น การตัดแต่งระบบ ลำต้นเดียวยังมีการแนะนำให้มีการตัดปลายยอดที่ระดับต่างๆ กันโดยในสวาวยจะปล่อยให้มีการเจริญเติบโต จนกระทั่งกาแฟให้ผล 2 ครั้งแล้วถึงจะตัดยอดให้สูง 2-3 เมตร ในโคลัมเบีย พบว่าผลผลิตของกาแฟระหว่างต้นกาแฟที่ตัดยอดและไม่ตัดยอดแตกต่างกันเมื่อใช้ระบบลำต้นเดียว การตัดแต่งกิ่งได้มีผู้แบ่งไว้เป็นวิธีการย่อยๆ อีกเป็นจำนวนมาก สำหรับเวลาที่เหมาะสมที่จะทำการตัดแต่งกิ่งกาแฟ ควรจะทำหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว อักษรและพงษ์ศักดิ์ (2537) ได้แนะนำว่าควรอยู่ประมาณเดือนมีนาคม-เมษายน เพราะหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วนั้นต้นกาแฟจะโทรมมาก ใบร่วงหล่น กิ่งหักฉีกขาดจากการเก็บเกี่ยว กิ่งแห้งตายมาก จึงควรมีการกำจัดทิ้งเสียเพื่อป้องกันการระบาดของโรค และทำให้ทรงต้นกาแฟอยู่ในรูปทรงตามที่ต้องการ

ปัจจุบันได้มีหน่วยงานต่างๆ ได้ส่งเสริมแนะนำให้เกษตรกรชาวไทยปลูกกานพลอราบีเพื่อเป็นพืชทดแทนฝิ่นเป็นจำนวนมาก เหตุผลก็เพราะว่ากานพลอราบีก้านั้นเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงในการให้ผลผลิตแต่จะต้องมีการดูแลรักษาที่ดีพอสมควร จึงจะให้ผลผลิตสูงตามไปด้วย วิธีการดูแลรักษาที่ถูกต้องและเหมาะสมจึงเป็นสิ่งที่เกษตรกรควรจะพิจารณาด้วย ซึ่งหนึ่งในการดูแลรักษาที่สำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งต่อผลผลิตก็คือการตัดแต่งกิ่ง แต่ในขณะนี้การส่งเสริมแนะนำของแต่ละหน่วยงานยังไม่ได้มีการศึกษาอย่างละเอียดว่าควรจะใช้ ระบบการตัดแต่งกิ่งที่เหมาะสมของต้นกานพลอที่ดีและให้ผลผลิตสูงที่สุด ดังนั้นการศึกษาวิจัย ระบบการตัดแต่งกิ่งที่เหมาะสมของต้นกานพลอราบีสำหรับเกษตรกรในประเทศไทย ควรจะได้มีการศึกษาเพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติของเกษตรกรต่อไป

วิธีการทดลอง

ใช้ต้นกานพลอราบี(สายพันธุ์ แคทพูรา) ซึ่งมีอายุประมาณ 8 ปี ระยะปลูก 2x2 เมตร จำนวน 100 ต้น การวางแผนการศึกษาวิจัยแบบ Completely Randomize Design โดยแต่ละกรรมวิธีทำการทดลอง 5 ซ้ำ ซึ่งแบ่งกรรมวิธีในการทดลองได้ดังนี้

1. ไม่ตัดแต่งกิ่ง(Control)
2. ตัดลำต้นหลักสูงจากพื้นดิน 50 ซม. (Stumping)

3. ตัดด้านข้าง (ทิศตะวันออก) (Side pruning)

4. ตัดยอดสูง 180 ซม.และทำการตัดแต่งกิ่งแขนงที่ 2 ภายในพุ่มให้เหมาะสม (Clipping)

การบันทึกผลการทดลอง แบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ คือ การเปลี่ยนแปลงด้านการเจริญเติบโต องค์ประกอบของผลผลิต จำนวนผลผลิต และคุณภาพในการคัดเกรดของสาร กานพลอ

ผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโตของต้นกานพลอ

1.1 อัตราความสูงของต้นกานพลอที่เพิ่มขึ้น

จากการทดลองเมื่อนำเอาอัตราการเพิ่มขึ้นของความสูงของการตัดแต่งกิ่งทั้ง 4 วิธี มาเขียนเป็นกราฟ พบว่าวิธีการที่ไม่ได้ตัดแต่งกิ่งเลยจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความสูงที่ช้ากว่าวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping และ Side pruning (ดังภาพที่ 1) และเมื่อหลังจากทำการทดลองตัดแต่งกิ่งได้ประมาณ 4 ปี พบว่าวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Side pruning จะให้อัตราความสูงที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ 98.04 ซม. โดยจะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการที่ไม่ได้ตัดแต่งกิ่งเลย แต่ก็ไม่ได้ต่างจากวิธีการ Stumping (ตารางที่ 1) ส่วนวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Clipping จะมีการควบคุมให้มีความสูงอยู่ที่ 180 ซม ตลอดเวลา

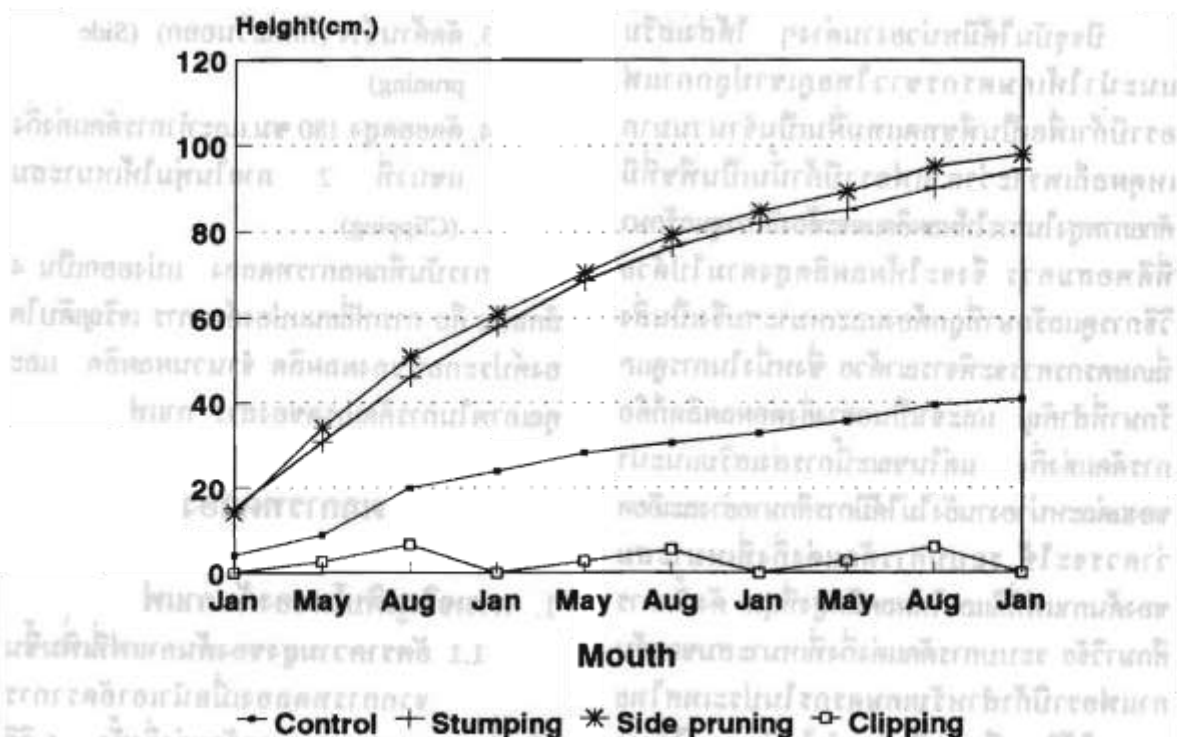


Fig. 1 Rate of incremental height from different pruning methods.

1.2 อัตราการเพิ่มของกิ่งแขนงที่ 1

เมื่อทำการทดลองตัดแต่งกิ่งได้ประมาณ 4 ปี พบว่าอัตราการเพิ่มของจำนวนกิ่งแขนงที่ 1 ของการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะมากที่สุด คือ 46.82 กิ่ง ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการตัดแต่งแบบ Clipping และวิธีการที่ไม่ได้ตัดแต่งกิ่งเลย แต่ไม่ต่างจากการตัดแต่งกิ่งแบบ Side pruning (ตารางที่ 1)

Table 1 Rate of height increment and number of primary branch at 4 years after pruning.

Treatment	Height (cm.) ^u	Primary branch
Control	40.98 ^a	-65.64 ^a
Stumping	94.50 ^a	46.82 ^a
Side pruning	98.50 ^a	43.34 ^a
Clipping	0.00 ^c	-3.48 ^b

^u means within column with different superscripts differ significantly at $P < 0.05$

2. องค์ประกอบของผลผลิต

2.1 จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 ที่ให้ผลผลิต

หลังจากทดลองตัดแต่งกิ่งตั้งแต่เดือนเมษายน 2535 จนถึงเดือนมกราคม 2539 พบว่าการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะให้จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 33.0 กิ่ง ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการอื่นๆ โดยมีวิธีการตัดแต่งกิ่ง แบบ Side pruning, Clipping และไม่ตัดแต่งกิ่งเลยให้จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 ที่ให้ผลผลิตคือ 27.6 ,11.2 และ7.0 กิ่งตามลำดับ (ตารางที่ 2)

2.2 จำนวนข้อที่ให้ผลผลิตต่อกิ่งแขนงที่ 1

พบว่าวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะให้จำนวนข้อที่สูงที่สุด คือ 10.4 ข้อต่อกิ่ง โดยจะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Clipping และ ไม่ตัดแต่งกิ่งเลย แต่จะไม่แตกต่างกับการตัดแต่งกิ่งแบบ Side pruning (ตารางที่ 2)

2.3 จำนวนผลกาแฟต่อข้อ

พบว่าการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะให้จำนวนผลต่อข้อมากที่สุด คือ 11.2 ผล ซึ่ง

จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบอื่นๆ โดยมีวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบอื่นๆ ให้จำนวนผลต่อข้อคือ แบบ Side pruning, Clipping และ ไม่ตัดแต่งกิ่งเลย ให้จำนวนผลต่อข้อ 9.2 ,5.2 และ 4.8 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

2.4 น้ำหนักผลสด 100 ผล

พบว่าผลกาแฟสด 100 ผล ที่ได้จากการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะให้น้ำหนักมากที่สุดถึง 162.6 กรัม ซึ่งจะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการอื่นๆ โดยวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Clipping, Side pruning และ ไม่ตัดแต่งกิ่ง จะให้น้ำหนัก 100 ผล คือ 153.5 ,150.5 และ 138.9 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

2.5 น้ำหนักสารกาแฟจากผลสด 100 ผล

พบว่าวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะให้น้ำหนักสารกาแฟสูงสุดคือ 29.91 กรัม ซึ่งจะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบอื่นๆ โดยวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Clipping ,Side pruning และ ไม่ตัดแต่งกิ่งจะให้ น้ำหนักของสารกาแฟลดลงเป็น 28.46 ,28.18 และ 25.68 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

Table 2 Yield components from different pruning methods.

Treatment	Primary fruiting ¹⁾ branch	No.of node /branch	No.of berry /node	Weight of 100 berries	Weight of coffee bean from 100 berries
Control	7.0 ^d	4.2 ^c	4.8 ^c	138.9 ^d	25.68 ^c
Stumping	33.0 ^a	10.4 ^a	11.2 ^a	162.6 ^a	29.91 ^a
Side pruning	27.6 ^b	10.0 ^a	9.2 ^b	150.5 ^c	28.18 ^b
Clipping	11.2 ^c	5.8 ^b	5.2 ^c	153.5 ^b	28.46 ^b

¹⁾ means within column with different superscripts differ significantly at P<0.05

3. ผลผลิต

3.1 น้ำหนักผลกาแฟสดทั้งต้น

พบว่าหลังจากการทดลองการตัดแต่ง ในปีแรกวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะยังไม่ให้ผลผลิตส่วนการตัดแต่งกิ่งแบบ Clipping จะให้ผลผลิตต่อต้นสูงที่สุด คือ 4,684 กรัม รองลงมาได้แก่วิธีการแบบไม่ตัดแต่งกิ่งเลย และ Side pruning คือ 4,373.8 และ 1,066 กรัมตามลำดับ หลังจากนั้นปีที่ 2 วิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping และ Side pruning ในส่วนของลำต้นใหม่ที่แตกออกมาจะเริ่มให้ผลผลิต ซึ่งยังน้อยกว่าการตัดแต่งกิ่งแบบ Clipping และไม่ตัดแต่งกิ่งเลย

แต่เมื่อเข้าปีที่ 3 และ 4 หลังจากตัดแต่งกิ่ง พบว่าวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping และ Side pruning จะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ในขณะที่การตัดแต่งกิ่งแบบ Clipping และไม่ตัดแต่งกิ่งเลย จะให้ผลผลิตลดลง (ภาพที่ 2) สำหรับในด้านของผลผลิตผลกาแฟสดทั้งต้นรวม 4 ปี หลังจากการทดลองตัดแต่งกิ่งพบว่าวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping นั้นให้ผลผลิตรวมสูงสุด คือ 14,070 กรัมซึ่ง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการแบบ Side pruning , Clipping และ ไม่ตัดแต่งกิ่งเลย คือ 12,182.0 11,907.0 และ 9,251.8 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

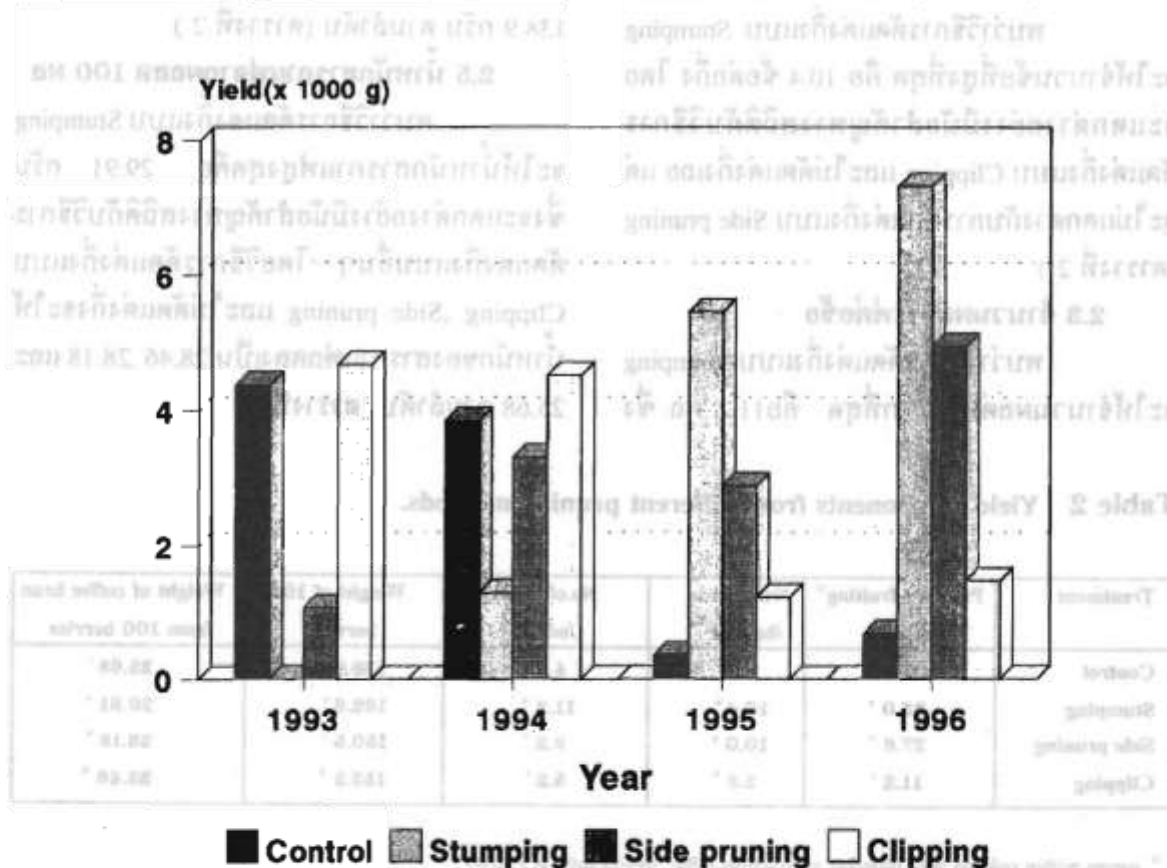


Fig. 2 Average fresh weight of coffee cherry during the 4 years of studying

3.2 น้ำหนักสารกาแฟทั้งต้น

พบว่าเมื่อทำการทดลองได้ 4 ปี วิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะให้น้ำหนักสารกาแฟรวมสูงที่สุดคือ 2,874 กรัม ซึ่งจะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบอื่นๆ โดยวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Side pruning, Clipping และไม่ตัดแต่งกิ่งเลยจะให้น้ำหนักสารกาแฟคือ 2,436, 2,339 และ 1,775 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

Table 3 Total berry and bean weight per trees after 4 years of the experiment.

Treatment	Fresh berry weight(g) ^{1/}	Bean weight(g)
Control	9,251.8 ^a	1,775 ^a
Stumping	14,073.0 ^b	2,814 ^b
Side pruning	12,182.0 ^b	2,436 ^b
Clipping	11,907.0 ^b	2,339 ^b

^{1/} means within column with different superscripts differ significantly at P<0.05

4.คุณภาพทางด้านการคัดเกรดของสารกาแฟ

พบว่าวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะให้สารกาแฟที่เป็นเกรด A มากที่สุดถึง 89.9 % ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบอื่นๆ โดยวิธีการตัดแต่งกิ่งที่ให้เกรด A รองลงมาได้แก่ Side pruning, Clipping และไม่ตัดแต่ง กิ่งเลย คือ 86.2, 85.4 และ 54.4 % ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในการคัดเกรดโดยรวม ของแต่ละกรรมวิธีของการตัดแต่งกิ่งพบว่าวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะให้สารกาแฟ เกรด A X Y และ YY คือ 89.9 1.8 7.8 และ 0.5 % ตาม

ลำดับในขณะที่วิธีการที่ไม่ตัด แต่งกิ่งเลยจะให้สารกาแฟเกรด A X Y และ YY เป็น 54.4 4.4 40.2 และ 0.8% ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

Table 4 Percentage of coffee bean with different grading from coffee trees treated with different pruning methods.

Treatment	Percentage of coffee bean grading			
	A	X	Y	YY
Control	54.4 ^a	4.4 ^a	40.2 ^a	0.8 ^a
Stumping	89.9 ^b	1.8 ^b	7.8 ^c	0.5 ^b
Side pruning	86.2 ^b	3.3 ^{ab}	10.2 ^b	0.5 ^b
Clipping	85.4 ^b	2.6 ^b	11.4 ^b	0.5 ^b

^{1/} means within column with different superscripts differ significantly at P<0.05

วิจารณ์ผลการทดลอง

ในด้านการเจริญเติบโตพบว่าในต้นกาแฟที่มีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping และ Side pruning นั้นจะให้ความสูงและจำนวนกิ่งแขนงที่ 1 ที่เพิ่มขึ้นมากกว่าวิธีการที่ไม่ได้ตัดแต่งกิ่ง เพราะต้นที่ทำการตัดแต่งกิ่งจะมีโครงสร้างของกิ่งก้านที่ดีกว่า ทำให้มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงได้มากกว่าต้นที่ไม่ได้ทำการตัดแต่งกิ่ง ซึ่งจะสอดคล้องกับรายงาน ของ Clifford and Wilhem (1985) และ Op de Laak (1992) ที่กล่าวว่า การตัดแต่งกิ่งจะทำให้โครงสร้างของใบและผลผลิตสมดุลกัน และทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงดีกว่าต้นที่ไม่ได้ทำการตัดแต่งกิ่งจึงทำให้มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า

ส่วนผลผลิต จากการทดลองจะเห็นได้ว่าในช่วงแรก (ปีที่ 1 และ 2 หลังจากการตัดแต่งกิ่ง) วิธีการที่ไม่ได้ตัดแต่งกิ่งเลยและวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Clipping จะให้ผลผลิตที่สูงกว่าการตัดแต่งแบบอื่นๆ แต่พอเริ่มเข้าปีที่ 3 และ 4 หลังจากการตัดแต่งกิ่ง พบว่าวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping และ Side pruning ก็จะเริ่มให้ผลผลิต (สารกาแฟ) สูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งทำให้ผลผลิตรวมใน 4 ปีแรก หลังจากทำการตัดแต่งกิ่งสูงสุดถึง 2,814.2 และ 2,436.2 กรัม (ตารางที่ 3) และมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอีก ในขณะที่เดียวกันวิธีการตัดแต่งแบบ Clipping ก็จะให้ผลผลิตที่เริ่มลดลง แต่สำหรับวิธีการที่ไม่มีการตัดแต่งกิ่งเลย (Control) จะให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก (ภาพที่ 2) เหตุผลน่าจะมาจากการเพิ่มขึ้นหรือลดลงขององค์ประกอบผลผลิตทั้งในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นจำนวนกิ่งแขนงที่ 1 ที่ให้ผลผลิตต่อต้น, จำนวนข้อที่ติดผลต่อกิ่งแขนงที่ 1 จำนวนผลต่อข้อ และน้ำหนักของผลสด 100 ผล (ตารางที่ 2) ซึ่งตรงกับคำกล่าวของ Wrigley (1988) และ Op De laak (1992) ที่กล่าวว่าผลผลิตของต้นกาแฟจะขึ้นอยู่กับจำนวนกิ่งแขนง เพราะเป็นกิ่งที่ประกอบไปด้วยตาที่จะกลายเป็นดอกหรือผล ซึ่งก็คือผลผลิตนั่นเอง และเหตุผลอีกประการน่าจะเกิดจากการที่ต้นกาแฟที่ตัดกิ่งจะมีอัตราส่วนของใบและผลอยู่ในอัตราที่เหมาะสม มีทรงพุ่มที่เหมาะสมทำให้มีการสังเคราะห์แสงที่ดีกว่าต้นที่ไม่ได้รับการตัดแต่งกิ่ง ซึ่ง จะส่งผลให้ต้นกาแฟมีผลผลิตสูงตามไปด้วย (Fermic, 1968) ส่วนต้นที่ไม่ได้ทำการตัดแต่งกิ่งจะมีจำนวนกิ่งแขนงที่ไม่สมบูรณ์อยู่เป็นจำนวนมาก กล่าวคือมีกิ่งแขนงที่แก่ และเคยให้ผลผลิตมาแล้ว อยู่เป็นจำนวนมากซึ่งกิ่งพวกนี้จะไม่ให้ผลผลิตอีก เนื่องจากข้อบนกิ่งเหล่านี้เมื่อให้ผลผลิตแล้ว จะไม่ให้ผลผลิตซ้ำที่เดิมอีก และสอดคล้องกับ

รายงานของ Logan (1987) ที่กล่าวว่าต้นกาแฟนั้นกิ่งแขนงที่อยู่ส่วนล่างจะให้ผลผลิตที่ต่ำจะมีเฉพาะกิ่งแขนงที่อยู่บนๆ เท่านั้นที่ให้ผลผลิต ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้กาแฟที่ไม่ได้มีการตัดแต่งกิ่งมีผลผลิตต่ำลง

สำหรับในด้านของคุณภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านกายภาพ (การคัดเกรด) พบว่าต้นกาแฟที่ได้รับการตัดแต่งกิ่งนั้นจะให้จำนวนสารกาแฟที่มีคุณภาพดี (เกรด A) มากกว่าต้นกาแฟที่ไม่ได้มีการตัดแต่งกิ่ง ซึ่งจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) ในขณะเดียวกันต้นที่ไม่ได้รับการตัดแต่งกิ่งก็จะได้สารกาแฟที่มีคุณภาพต่ำ (เกรด Y และ YY) สูงที่สุดคือมีถึง 40.2 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เหตุผลน่าจะเกิดจากต้นที่ไม่ได้มีการตัดแต่งกิ่งนั้นจะมีโครงสร้างที่ไม่เหมาะสมมีกิ่งที่ไม่สมบูรณ์เป็นโรคและแมลงอยู่เป็นจำนวนมากมีการหมุนเวียนของอากาศและแสงแดดไม่สามารถส่องเข้าไปได้ถึงบริเวณส่วนกลางของลำต้น ย่อมทำให้เกิดโรคและการระบาดของแมลงได้ง่าย ส่งผลทำให้คุณภาพของผลผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารกาแฟมีขนาดเล็ก (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2531)

สรุปผลการทดลอง

1. ด้านการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ

1.1 วิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Side pruning จะให้อัตราการเพิ่มขึ้นของความสูงมากที่สุดคือ 98.04 ซม. รองลงมาได้แก่วิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping และวิธีการไม่ตัดแต่งกิ่งเลย

1.2 วิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะให้อัตราการเพิ่มขึ้นของกิ่งแขนงที่ 1 มากที่สุดคือ 46.82 กิ่งรองลงมาได้แก่วิธีการตัดแต่งแบบ Side pruning

2. ด้านองค์ประกอบของผลผลิต

2.1 วิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะให้จำนวนกิ่งแขนงที่ 1 ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 33.0 กิ่ง ร่องลงมา ได้แก่วิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Side pruning ,Clipping และไม้ตัดแต่งกิ่งเลย คือ 27.6,11.2 และ7.0 กิ่งตามลำดับ

2.2 วิธีการตัดแต่งแบบ Stumping จะให้จำนวนข้อที่ติดผลต่อกิ่งแขนงที่ 1 และจำนวนผลต่อข้อสูงที่สุดคือ 10.4 ข้อและ 11.2 ผลตามลำดับ

2.3 สำหรับน้ำหนักผลสด 100 ผลและน้ำหนักสารกาแฟสด นั้นวิธีการตัดแต่งกิ่งแบบ Stumping จะให้สูงที่สุดคือ 162.6 กรัมและ 29.91 กรัมตามลำดับ ส่วนร่องลงมาคือการ ตัดแต่งแบบ Clipping, Side pruning และไม้ตัดแต่งเลย

3. ด้านผลผลิตรวมและคุณภาพของผลผลิต

3.1 วิธีการตัดแต่งแบบ Stumping จะให้น้ำหนักผลกาแฟสด และสารกาแฟรวมต่อต้นมากที่สุดคือ 14,070 กรัม และ 2,814 กรัม ตามลำดับ ส่วนวิธีการอื่นๆ จะให้ผลผลิต ลดลงตามลำดับคือ Side pruning, Clipping และไม้ตัดแต่งกิ่งเลย

3.2 ในด้านคุณภาพของสารกาแฟวิธีการตัดแต่งแบบ Stumping ให้จำนวนเปอร์เซ็นต์ของเกรด A สูงที่สุดถึง 89.9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่มีเกรด Y และ YY อยู่เพียง 7.8 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

1. อักษร เสกธีระ และพงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ (2537) การปลูกและผลิตกาแฟราบีที่สูง. โครงการศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ สุพันธ์ ละอองศรี และธีรภัทร สันติเมทนีดล (2531) จากผืนสู่กาแฟ โรงพิมพ์คาราวิน. เชียงใหม่. 87 หน้า
3. Clifford, M.N. and K.C. Wilhem. (1985) Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. The AVI Publishing Company IVC. Westport Connecticut p.157-207.
4. Fermic,L.M (1968) Pruning and Intensification. Proc. Seminar on Intensification of Coffee Growing in Kenya.Ed.P.A.Huxley P.55-59.
5. Logan,W.J.C. (1987) Coffee Handbook. Cannon Press(1976) (Pvt.)Ltd. Zimbabwe. 182 pp.
6. Op De Laak, J. (1992) Arabica Coffee Cultivation and Extention Manual for The Highland of Northern Thailand. Faculty of Agriculture, Chiang Mai Univesity, Chiang Mai, Thailand. P.42-50.
7. Wrigley, G.(1988) Botanical Structure in Coffee, Longman Scientific and Technical. P.15-98.

การตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยชีวภาพ

Response of Rice to Biofertilizer

อรรณพ คณาเจริญพงษ์^{1/}Annop Kanachareonpong^{1/}

Abstracts : The response of KDML.105 to biofertilizer (pig sludge from biogas digester) under different seedling numbers/hill was conducted at Mae Hia Agricultural Research Station and Training Center, Chiang Mai University during dry season 1993. The result showed that increasing seedling numbers/ hill significantly affected tiller number/hill, shoot dry matter and leaf area index except height. Three seedlings/hill provided highest yield. All rates of biofertilizer application significantly increased in growth and yield production as compared to the control but gave the same level as official recommended chemical fertilizer. Three seedlings/hill provided higher panicle/hill and spikelet/panicle than that of 5 seedlings/hill, but lower than 1 seedling/hill in spikelet/panicle. There was no significant difference in 1,000 seed weight.

The interaction effect of both biofertilizer rates and seedling numbers/hill was on tiller number/hill, shoot dry matter, leaf area index, grain yield and yield components except 1,000 seed weight and harvest index (HI). Three seedlings/hill and biofertilizer application at the rate of 1,400 kg./rai produced grain yield about 441.3 kg./rai that were not significantly different from recommended chemical fertilizer.

บทคัดย่อ : การตอบสนองของข้าวหอมพันธุ์ขาวมะลิ 105 ต่อปุ๋ยชีวภาพ (มูลสุกรที่ผ่านการหมักในบ่อก๊าซชีวภาพ) ภายใต้สภาพการจัดจำนวนต้นกล้า/จับ ที่แตกต่างกันได้กระทำที่สถานีวิจัย และศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในฤดูนาปี พ.ศ. 2536 ผลการทดลองพบว่าจำนวนกล้า/จับ ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การเจริญเติบโตในแง่ของ จำนวนหน่อ/กอ น้ำหนักแห้ง และดัชนีพื้นที่ใบ ยกเว้นความสูง

^{1/} สถานีวิจัย และศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Mae Hia Agricultural Research Station and Training Center, Chiang Mai University, Chiang Mai. 50200

มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดแต่กล้าจำนวน 3 ต้น/จับให้ผลผลิตสูงสุด ปุ๋ยชีวภาพทุก อัตราามีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด และใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีอัตราที่ทางราชการแนะนำ กล้าจำนวน 3 ต้น/จับ มีผลทำให้จำนวนรวง/กอ และจำนวนเมล็ด/รวง สูงกว่ากล้า 5 ต้น/จับ แต่ให้จำนวนเมล็ด/รวง ต่ำกว่ากล้าจำนวน 1 ต้น/จับ ทั้งสองปัจจัยไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด อิทธิพลรวมของจำนวนกล้า/จับ และอัตราปุ๋ยชีวภาพ มีผลกระทบต่อจำนวนหน่อ/กอ น้ำหนักแห้ง ดัชนีพื้นที่ใบ ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ยกเว้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ดและดัชนีการเก็บเกี่ยว แต่กล้าจำนวน 3 ต้น/จับ และปุ๋ยชีวภาพอัตรา 1,400 กก./ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 441.3 กก./ไร่ ซึ่งใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีที่ทางราชการแนะนำ

Index words : ข้าว, ข้าวขาวมะลิ, ปุ๋ยชีวภาพ, ก๊าซชีวภาพ, Rice, KDML-Rice, Biofertilizer, Biogas

คำนำ

ปัจจุบันมลภาวะอันเกิดจากการเลี้ยงสุกรเป็นปัญหาต่อสภาพแวดล้อมมากยิ่งขึ้น เป็นลำดับถ้าสามารถจัดการกับสิ่งปฏิกูลที่สุกรขับถ่ายออกมารวมทั้งกลิ่นได้โดยผ่านขบวนการหมักในบ่อก๊าซชีวภาพ แล้วนำกากจากบ่อหมักไปใช้เป็นปุ๋ยก็น่าจะเป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้นแต่คุณภาพของปุ๋ยจากบ่อก๊าซชีวภาพแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์เลี้ยงและระยะเวลาการหมักตลอดจนอุณหภูมิในบ่อหมัก โดยทั่วไปแล้วมูลสุกรจะให้คุณค่าของธาตุอาหารสูงกว่ามูลโคและกระบือ Singh (1989) พบว่าการใส่ของเหลวที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพของมูลสุกรในนาข้าวสามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างน้อย 30% เมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ย มานัสและ คณะ (2535) ได้รายงานว่าการใส่ปุ๋ยจากบ่อก๊าซชีวภาพให้กับข้าวหอมมะลิ 105 ในอัตรา 1,440 กก./ไร่ มีผลทำให้ผลผลิตสูงกว่าแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยอย่างเด่นชัด และยังมีผลตกค้างต่อไปถึงข้าว กข.7 ที่ปลูกตามมาในทำนองเดียวกันอีกด้วย แต่การใส่อินทรีย์วัตถุลงไปในดินนาในสภาพที่มีน้ำขังจะถูกย่อยสลายโดยขบวนการทางชีวเคมีเกิดสารที่เป็นประโยชน์และโทษต่อพืช (Tanaka and Yoshida, 1975) อนึ่ง การใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกัน

นาน ๆ มีผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา นอกจากนี้ชาวนาส่วนใหญ่นิยมปลูกข้าวแบบปักดำและใช้จำนวนต้นกล้าที่แตกต่างกันไป ดังนั้นน่าจะศึกษาหาอัตราปุ๋ยชีวภาพและจำนวนกล้าที่เหมาะสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว โดยเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีอัตราที่ทางราชการแนะนำเพื่อใช้เป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรจึงเป็นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งนอกจากจะลดการใช้ปุ๋ยเคมีแล้ว ยังลดปัญหามลภาวะอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองกระทำที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ ในฤดูนาปี พ.ศ. 2536 โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot มีจำนวนกล้า 3 ชุด คือ 1,3 และ 5 ต้น/จับ เป็น Main plot และ อัตราปุ๋ยชีวภาพ 4 อัตรา และปุ๋ยเคมี อัตราที่ทางราชการแนะนำ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 เป็น subplot มี 4 ซ้ำในแต่ละซ้ำมีแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยเป็นแปลงเปรียบเทียบ ข้าวที่ใช้คือข้าวหอมพันธุ์ข้าวมะลิ 105 ส่วนปุ๋ยชีวภาพนั้นได้จากมูลสุกรที่ผ่านการหมักในบ่อก๊าซชีวภาพ แปลงย่อยมีขนาด 5x10 ตร.ม. ทำการปักดำในช่วงต้นเดือนสิงหาคม โดยมีระยะปลูก 25x25 ซม. ปุ๋ยชีวภาพใส่ก่อน

ปักดำ 1 สัปดาห์ ส่วนปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ใส่รองพื้นก่อนปักดำ 1 วัน ในอัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ใส่แต่งหน้าอัตรา 10 กก./ไร่ เมื่อข้าวเริ่มสร้างรวงอ่อน ที่ระยะแทงช่อดอกได้สุ่มเก็บตัวอย่างพืชเพื่อบันทึกความสูง การแตกหน่อ น้ำหนักแห้ง พื้นที่ใบเพื่อวิเคราะห์หาดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index, LAI) ส่วนที่ระยะเก็บเกี่ยว บันทึกผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตรวมทั้งวิเคราะห์หาดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest index, HI)

Table 1 Some properties of the soil at Mae Hia Agricultural Research Station and Training Center, Chiang Mai

pH	5.5
Organic matter(%)	1.3
P (ppm)	10.0
K (ppm)	45.0
Soil texture	Sandy loam.

Table 2 Rate of biofertilizer application and amount of accumulation

Treatment	Rate of application(kg/rai)	Rate of nutrient (kg/rai)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Control	0	0	0	0
2. Biofertilizer	1,400	5.9	5.3	3.5
3. Biofertilizer	2,800	11.8	10.6	7.0
4. Biofertilizer	4,200	17.7	15.9	10.5
5. Biofertilizer	5,600	23.6	21.2	14.0
6. CF (16-20-0,25kg/rai)+46-0-0(10 kg/rai)		8.6	5.0	0

Biofertilizer contains 0.42% N, 0.38% P₂O₅, 0.25% K₂O

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของข้าวหอมพันธุ์ข้าวมะลิ105

ความสูง และจำนวนหน่อ/กอ

จากตารางที่ 3 พบว่าความสูงที่ระยะแทงช่อดอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในระหว่างจำนวนต้นกล้า/จับ ที่แตกต่างกันโดยมีความสูงเฉลี่ย 77.6 ซม. สอดคล้องกับรายงานของ นิวัฒน์ และคณะ (2537) ที่พบว่าจำนวนกล้า/จับ ไม่มีผลต่อความสูงในทางสถิติ ($P>0.05$) การใส่ปุ๋ยชีวภาพทุกอัตราไม่ผลทำให้ความสูงมีค่าใกล้เคียง

กันอยู่ระหว่าง 74.9-79.4 ซม. แต่สูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนปุ๋ยเคมีอัตราที่ทางราชการแนะนำ มีผลทำให้มีความสูงมีค่าสูงสุด 82.9 ซม. แต่ไม่พบอิทธิพลร่วม ระหว่างปัจจัยทั้งสองสำหรับผลกระทบในแง่ของจำนวนหน่อ/กอ พบว่าทั้งจำนวนกล้า/จับ และอัตราปุ๋ยต่างก็มีผลทำให้จำนวนหน่อ/กอ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยพบว่ากล้าจำนวน 5 ต้น/จับ ให้จำนวนหน่อ/กอ สูงสุด รองลงมาได้แก่กล้าจำนวน 3 ต้น และ 1 ต้น/จับ โดยมีค่าเป็น 21.0 18.3 และ 15.6 ตามลำดับ ในขณะที่ปุ๋ยทุกอัตรา มีผลทำให้จำนวนหน่อ/กอ มีค่าใกล้เคียงกันอยู่

ระหว่าง 17.8-21.9 แต่สูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยอย่างเด่นชัดนอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสองอีกด้วย แต่กล้าจำนวน 5 ต้น/จับ และปุ๋ยชีวภาพอัตรา 5,600 กก./ไร่ มีผลทำให้จำนวนหน่อ/กอ สูงสุด โดยมีค่าเป็น 26.5

น้ำหนักแห้ง และดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)

จากตารางที่ 3 พบว่าน้ำหนักแห้งและดัชนีพื้นที่ใบมีแนวโน้มเช่นเดียวกัน โดยต่างก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในระหว่างจำนวนกล้า/จับ และอัตราปุ๋ยที่ต่างกัน โดยที่กล้าจำนวน 5 ต้น/จับมีผลทำให้การสร้างน้ำหนักแห้ง และการพัฒนาพื้นที่ใบมีค่าสูงสุด

โดยมีค่าเป็น 938.2 กรัม/ตร.ม. และ 4.0 รองลงมา ได้แก่ 3 ต้น/จับ (773.2 กรัม/ตร.ม. และ 3.4) และ 1 ต้น/จับ (683.5 กรัม/ตร.ม. และ 3.1) ตามลำดับ ส่วนผลของปุ๋ยชีวภาพนั้นพบว่าทั้งน้ำหนักแห้งและดัชนีพื้นที่ใบมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น และมีค่าใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 703.5-883.6 กรัม/ตร.ม และ 3.5-4.2 สูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยอย่างเด่นชัด นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสองอีกด้วย แต่กล้าจำนวน 5 ต้น/จับ และปุ๋ยชีวภาพอัตรา 5,600 กก./ไร่ มีผลทำให้ทั้งน้ำหนักแห้ง และดัชนีพื้นที่ใบมีค่าสูงสุด โดยมีค่าเป็น 1,059.0 กรัม/ตร.ม และ 4.6 ตาม ลำดับ

Table3 Height,tiller number, shoot dry matter and leaf area index(LAI) of KDML 105 as affected by different seedling numbers and rate of biofertilizers application

Seedling no. (no/hill)	Rate of BF(Kg/rai)							Rate of BF(Kg/rai)						
	0	1,400	2,800	4,200	5,600	CF	mean	0	1,400	2,800	4,200	5,600	CF	mean
Height(cm)								Tiller no. (no/hill)						
1	71.5 ^{NS}	74.3	77.6	79.7	78.0	82.3	77.2 ^{NS}	9.1 ^{**}	14.3	16.1	15.7	18.8	19.5	15.6 ^{**}
3	73.3	77.1	79.7	78.3	80.7	83.8	78.8	16.1	18.4	19.1	16.9	20.5	18.5	18.3
5	69.9	73.4	74.6	79.9	79.6	82.6	76.7	12.0	20.6	22.2	26.0	26.5	18.5	21.0
mean	71.6 [*]	74.9	77.3	79.3	79.4	82.9	77.6	12.4 ^{**}	17.8	19.1	19.5	21.9	18.8	18.3
LSD 0.05 (Seedling numbers,S)							NS	LSD 0.01(Seedling numbers,S)						
(Rate of BF,R)							2.8	(Rate of BF,R)						
(S*R)							NS	(S*R)						
Shoot dry matter(g/m²)								Leaf area index(LAI)						
1	507.7 ^{**}	637.3	709.6	750.0	733.8	762.4	683.5 ^{**}	1.6 ^{**}	2.7	3.4	3.5	4.2	3.3	3.1 ^{**}
3	590.8	656.3	856.3	850.5	857.9	827.4	773.2	2.4	3.8	3.6	3.1	3.9	3.5	3.4
5	798.3	816.8	945.1	1,044.0	1,059.0	966.1	938.2	2.7	4.0	4.3	4.0	4.6	4.4	4.0
mean	632.3 ^{**}	703.5	837.0	881.5	883.6	852.0	798.3	2.2 ^{**}	3.5	3.8	3.5	4.2	3.7	3.5
LSD 0.01 (Seedling numbers,S)							234.8	LSD 0.01 (Seedling numbers,S)						
(rate of BF,R)							221.3	(Rate of BF,R)						
(S*R)							215.5	(S*R)						
CV(a)%							12.6	CV(a)%						
(b)%							16.3	(b)%						

Note: To compare means of each factor treatments in each parameters by LSD at 1 and 5% level

^{**}, ^{*}, NS = significant at 1%,5% and not significant respectively for analysis of variance in each factor treatment

CF = Chemical fertilizer BF = Biofertilizer

ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และดัชนีการเก็บเกี่ยว (HI)

จากภาพที่ 1 พบว่าผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05, P<0.01$) ในระหว่างจำนวนต้นกล้า/จับ และอัตราปุ๋ยชีวภาพตามลำดับ กล้าจำนวน 3 ต้น/จับ ให้ผลผลิตสูงสุด 429.3 กก./ไร่ สูงกว่ากล้า 5 ต้นและ 1 ต้น/จับประมาณ 7.0 และ 26.5 % ตามลำดับ ส่วนผลของปุ๋ยชีวภาพพบว่าทุกอัตราให้ผลผลิตใกล้เคียงกันมีค่าอยู่ระหว่าง 375.3-390.2 กก./ไร่ และไม่ต่างจากปุ๋ยเคมีอัตราที่ทางราชการแนะนำ แต่สูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยประมาณ 4.0-17.6 % และยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสอง ซึ่งอธิบายได้ว่าการตอบสนองของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในแง่ของผลผลิตต่อจำนวนกล้า/จับ ในแต่ละอัตราปุ๋ยมีไม่เท่ากัน กล้าจำนวน 3 ต้น/จับ ให้ผลผลิตสูงกว่ากล้า จำนวน 5 และ 1 ต้น/จับ ที่ทุกอัตราปุ๋ย แต่ที่อัตรา 1,400 กก./ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 441.3 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าอัตราอื่น ๆ และใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีที่ให้ผลผลิตสูงสุด 452.6 กก./ไร่

เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตแล้ว (ตารางที่ 4) พบว่าทั้งจำนวนรวง/กอ และจำนวนเมล็ด/รวง ต่างก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในระหว่างจำนวนกล้า/จับ และอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน แต่ไม่มีผลกระทบต่อขนาดเมล็ด (น้ำหนัก 1,000 เมล็ด) กล้าจำนวน 3 ต้น/จับ มีผลทำให้จำนวนรวง/กอ มีค่าสูงสุดเป็น 15.3 สูงกว่ากล้า 5 และ 1 ต้น/จับประมาณ 36.6 และ 93.7 % ตามลำดับ แต่จำนวนเมล็ด/รวง พบว่ามีค่าลดลงเมื่อจำนวนกล้า/จับเพิ่มขึ้น กล้าจำนวน 1 และ 3 ต้น/จับ

ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สูงกว่ากล้า 5 ต้น/จับ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 99.0-70.6 องค์ประกอบของผลผลิตทั้ง สองต่างก็มีค่าใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าอัตราปุ๋ยจะแตกต่างกันโดยมีจำนวนรวง/กอ และจำนวนเมล็ด/รวง เฉลี่ย 12.7 และ 89.2 ตามลำดับ สูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยถึง 111.7 และ 28.3 % ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองคือจำนวนรวง/กอ และจำนวนเมล็ด/รวง อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

สำหรับในแง่ของดัชนีการเก็บเกี่ยว (HI) พบว่าทั้ง จำนวนกล้า/จับ และอัตราปุ๋ยไม่มีผลกระทบต่อดัชนีการเก็บเกี่ยวและยังไม่พบอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองอีกด้วยสอดคล้องกับรายงานของมานัส และคณะ(2535) ที่พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมี, ปุ๋ยเคมีผสมปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยชีวภาพอย่างเดียว ในปริมาณ 5.6, 5.3 และ 3.0 กก./ไร่ (N-PK) ไม่มีผลทำให้ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันแต่อย่างใด เป็นที่น่าสังเกตว่าผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้กล้าจำนวน 3 ต้น/จับ สูงกว่า 5 ต้น/จับ ทั้ง ๆ ที่มีน้ำหนักแห้งต่ำกว่าอธิบายได้น้ำหนักแห้งดังกล่าวเป็นน้ำหนักแห้งที่มีคุณภาพสามารถถ่ายทอดอาหารไปยังรวงและเมล็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งหมายความว่ากรรมวิธีดัชนีการเก็บเกี่ยวที่สูงขึ้น (Donald, 1962) ถึงแม้จะไม่แตกต่างกันก็ตาม (ตารางที่ 4) อนึ่งเมื่อพิจารณาในแง่ขององค์ประกอบผลผลิตก็พบว่า มีจำนวนรวง/กอ และจำนวนเมล็ด/รวง สูงกว่าเช่นกัน ส่วนการใช้กล้าจำนวน 1 ต้น/จับให้ผลผลิตดำนั้น คาดว่านอกเหนือจากการมีน้ำหนักแห้งที่ต่ำแล้วยังมีจำนวนรวง/กอ อยู่ในระดับต่ำอีกด้วยถึงแม้ว่ามีจำนวนเมล็ด/รวงสูงสุดก็ตามก็ไม่สามารถชดเชยให้ผลผลิตสูงขึ้นได้สอดคล้องกับรายงานของ นิวัฒน์

Table 4 Yield components and harvest index (HI) of KDML 105 as affected by different seedling numbers and rate of biofertilizer application

Seedling no. (no/hill)	Rate of BF.(Kg/rai)							Rate of BF. (Kg/rai)						
	0	1,400	2,800	4,200	5,600	CF	mean	0	1,400	2,800	4,200	5,600	CF	mean
	<u>Panicle no.(no./hill)</u>							<u>Spikelet no./panicle</u>						
1	4.6*	7.8	8.3	8.4	8.5	9.8	7.9*	88.2*	98.1	102.3	105.4	101.2	98.8	99.0*
3	8.2	16.5	17.2	17.5	16.2	18.0	15.6	73.3	90.5	91.6	91.2	90.0	92.2	88.1
5	5.2	12.8	12.7	12.4	12.2	12.0	11.2	47.0	75.7	74.9	73.4	71.1	81.5	70.6
mean	6.0*	12.4	12.7	12.8	12.3	13.3	11.6	69.5*	88.1	89.6	90.0	87.4	90.8	85.9
LSD 0.05 (Seedling numbers,S)				2.8	CV(a)% 14.6			LSD 0.05(Seedling numbers,S)				14.5	CV(a)% 10.3	
(Rate of BF,R)				2.5	(b)% 16.8			(Rate of BF,R)				16.4	(b)% 10.5	
(S*R)				3.7				(S*R)				10.2		
	<u>1,000 seed weight(g)</u>							<u>Harvest index (HI)</u>						
1	23.9 ^{NS}	23.8	23.9	23.8	23.8	23.7	23.8 ^{NS}	0.40 ^{NS}	0.42	0.42	0.43	0.42	0.43	0.42 ^{NS}
3	22.5	23.6	23.8	23.7	23.8	23.8	23.5	0.44	0.43	0.42	0.43	0.42	0.44	0.43
5	22.3	22.2	22.5	21.8	21.7	23.5	22.3	0.40	0.41	0.39	0.41	0.42	0.43	0.41
mean	22.9 ^{NS}	23.2	23.4	23.1	23.1	23.7	23.2	0.41 ^{NS}	0.42	0.41	0.42	0.42	0.43	0.42
LSD 0.05 (Seedling numbers,S)				NS	CV(a)% 3.5			LSD 0.05 (Seedling numbers,S)				NS	CV(a)% 8.6	
(Rate of BF,R)				NS	(b)% 4.6			(Rate of BF,R)				NS	(b)% 9.7	
(S*R)				NS				(S*R)				NS		

Note: To compare means of each factor treatments in each parameters by LSD at 1 and 5% level

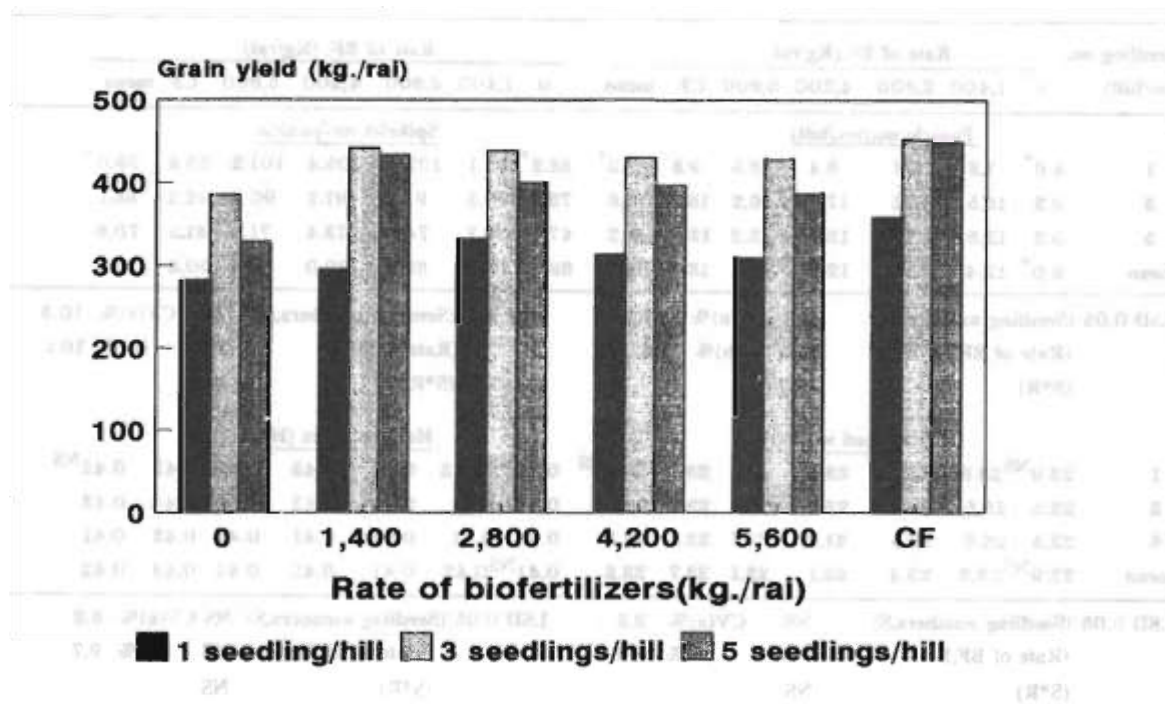
**,*, NS = significant at 1%,5% and not significant respectively for analysis of variance in each factor treatment

CF = Chemical fertilizer , BF = Biofertilizer

และคณะ(2537) ที่พบว่าจำนวนกล้า 3 ต้น/จับมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตของข้าวต๋อยปุ่น มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่กล้า 5 และ 1 ต้น/จับ แต่กล้า 3 และ 5 ต้น/จับไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผลกระทบของปุ๋ยชีวภาพที่พบว่าทุกอัตราให้ผลผลิตใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างจากปุ๋ยเคมีนั้นสันนิษฐานว่าเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวหอมพันธุ์ขาวมะลิ 105 ที่มีทรงต้นสูงไวต่อช่วงแสง การเพิ่มปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้นมีผลทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้น และใบเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด (เสือใบ) ซึ่งสามารถยืนยันได้จาก การมี จำนวนหน่อ/กอ, น้ำหนักแห้ง และดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่สูงขึ้น (ตารางที่ 3) ซึ่งหมายความว่า การเพิ่มปุ๋ยชีวภาพอัตราที่สูงขึ้นจะส่งเสริมการเจริญทาง

ลำต้นและใบมากกว่าการสร้างผลผลิต เมล็ด นอกจากนี้ยังสังเกตพบว่าการหักล้มเพิ่มมากขึ้นอีกด้วยซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตลดลงเกี่ยวกับเรื่องนี้ อนันท์ และคณะ (2537) รายงานว่า มูลไก่อัตรา 300 กก./ไร่ ปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 1,000- 2,000 กก./ไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้อย่างมีนัยสำคัญและไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มูลไก่อัตรา 600 กก./ไร่ ให้ผลผลิตทัดเทียมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 8-4-0 กก./ไร่ ที่ให้ผลผลิตสูงสุด แต่เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยอินทรีย์ขึ้นไปอีก 1 เท่าตัวกลับพบว่าไม่สามารถเพิ่มผลผลิตขึ้นได้ในทางสถิติตรงข้ามมูล ไก่อัตรา 1,200 กก./ไร่กลับทำให้ผลผลิตข้าวลดลงร้อยละ 39-48 เนื่องจากการหักล้มของข้าวในระยะออกดอก

Grain yield of KDML.105



LSD 0.05 = 48.4 , Seedling no.(S)

LSD 0.01 = 55.6 , rate of biofertilizers (R)

LSD 0.05 = 34.5 , S*R

Fig. 1 Grain yield of KDML.105 as affected by different seedling numbers and rate of biofertilizers

สรุปผลการทดลอง

การปลูกข้าวหอมพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้จำนวนกล้า/จับ และอัตราปุ๋ยชีวภาพที่แตกต่างกันมีผลทำให้การเจริญเติบโต และสร้างผลผลิตได้แตกต่างกันการเจริญเติบโตมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนกล้า/จับ และอัตราปุ๋ยชีวภาพที่เพิ่มขึ้น ปุ๋ยชีวภาพอัตราสูงๆมีผลทำให้การเจริญทางลำต้น และใบมากกว่าการสร้างผลผลิตเมล็ด จำนวนกล้า 3 ต้น/จับให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุดในขณะที่ปุ๋ยชีวภาพ

อัตราตั้งแต่ 1,400-5,600 กก./ไร่ ให้ผลผลิตใกล้เคียงกันและไม่ต่างจากปุ๋ยเคมี อิทธิพลร่วมของจำนวนกล้า/จับ และอัตราปุ๋ยชีวภาพมีผลกระทบต่อยอดพันธุ์/กอ น้ำหนักแห้ง คชณพื้นที่ใบ ผลผลิตเมล็ด และองค์ประกอบผลผลิต ยกเว้นน้ำหนัก 1000 เมล็ด และดัชนีการเก็บเกี่ยว แต่กล้าจำนวน 3 ต้น/จับ และปุ๋ยชีวภาพอัตรา 1,400 กก./ไร่ ให้ผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 441.3 กก./ไร่ สูงกว่าอัตราอื่น ๆ และใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีอัตราที่ทางราชการแนะนำ น่าจะเหมาะสมในแง่ของการลด

เชียงใหม่ภูค่า จังหวัดเชียงใหม่ วันที่ 27 - 28
กุมภาพันธ์ 2535.

เอกสารอ้างอิง

นิวัฒน์ นภิงค ชุตติวัฒน์ วรณสาย และ วิญญู วงศ์อุบล.
2537. ผลของจำนวนและอายุกล้าต่อผลผลิต
และการเจริญเติบโตของข้าวญี่ปุ่น. วารสาร
วิชาการเกษตร 12(1) : 24 - 36

มานัส แสงมณีชัย ทรงขาว อินสมพันธ์ บุญถือ
เผือกผ่อง อรรถพร คณาเจริญพงษ์ และปรีชวัน
กรอิสรานุกูล.2535. การใช้กากจากบ่อต้นเป็นปุ๋ย
สำหรับพืช.เอกสารเสนอในการประชุมวิชาการ
เรื่อง"ก๊าซชีวภาพในประเทศไทยสถานภาพ
ปัจจุบันและศักยภาพในอนาคต" ณ โรงแรม

อนันต์ สุขสวัสดิ์ พนัส สุวรรณธาดา และศิริก
อินคาพรหม. 2537. อิทธิพลของปริมาณและระยะ
เวลาในการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อการ
เจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว. วารสาร
วิชาการเกษตร 12(2) : 94 - 101

Donald, C.M (1962). In search of yield. J. Aust. Inst. Agri. Sci. 24:171-178

Singh, J.B (1989). Biogas slurry manure. Soil and Fertilizer Abst. 53(12): 14667

Tanaka, A., and S. Yoshida. (1975). Nutritional disorder of the rice plant in Asia. IRRI Tech. Bull. 10:51 p

[illegible][illegible]

อายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัดครั้งแรกของโคสาวพันธุ์อเมริกันบราห์มัน

Age and Weight at Puberty in American Brahman Heifers

นิพนธ์ วิทยากร^{1/} พัชรินทร์ ธนธิไพโรจน์^{1/} ปกรณ์ ภูประเสริฐ^{1/}
Nipol Vityakorn^{1/} Patcharin Sondhipiroj^{1/} Pagorn Bhuprasert^{1/}

Abstract : The average age at puberty (Age-P) of American Brahman heifers was 707.07 days and the average weight at puberty (Wt.-P) was 341.32 kg. The birth weight, weaning weight at 205 days (WW), preweaning ADG and postweaning ADG were 24.83 kg., 162.45 kg., 668.34 gm/day and 280.21 gm/day respectively. The influence of sire on Age-P was significantly different ($P < 0.05$), but age of dam and calving seasons did not significantly affect ($P > 0.05$) the two traits studied. The correlation between Age-P and Wt.-P was 0.75 ($P < 0.01$). The correlations between postweaning ADG on Age-P and Wt.-P were -0.27 ($P < 0.05$) and -0.83 ($p < 0.01$) respectively. The Regression of postweaning DG effect on Age-P was -1.30 ($P < 0.01$)

บทคัดย่อ: จากการศึกษาวิจัยลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจ โดยทำการศึกษาอายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัดครั้งแรกของโคสาวพันธุ์อเมริกันบราห์มัน ที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่พบว่า มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 707.07 วัน และ 341.32 กิโลกรัม ตามลำดับ มีน้ำหนักแรกเกิด, น้ำหนักหย่านมเมื่อ 205 วัน, อัตราการเจริญเติบโตก่อนและหลังหย่านมเท่ากับ 24.83 กิโลกรัม, 62.45 กิโลกรัม, 668.34 กรัม/วัน และ 280.21 กรัม/วัน ตามลำดับ ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่ออายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัดครั้งแรก ได้แก่ พ่อพันธุ์, อายุแม่พันธุ์ และ ฤดูที่เกิด พบว่า พ่อพันธุ์ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมีผลทำให้อายุเมื่อเป็นสัดครั้งแรกของโคสาวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนอายุแม่พันธุ์และฤดูที่เกิดไม่มีอิทธิพลต่ออายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัดครั้งแรก ($P > 0.05$) สหสัมพันธ์ระหว่างอายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัดครั้งแรก เท่ากับ 0.75 ($P < 0.01$) ส่วนสหสัมพันธ์ระหว่าง การเจริญเติบโตหลังหย่านม กับอายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัดครั้งแรก เท่ากับ -0.27 ($P < 0.05$) และ -0.83 ($P < 0.01$) ตามลำดับ โดยมีสมการถดถอยของการเจริญเติบโตหลังหย่านมที่มีผลต่ออายุเมื่อเป็นสัดครั้งแรก เท่ากับ -1.30 ($P < 0.01$)

Index words : อเมริกันบราห์มัน, อายุเมื่อเป็นสัดครั้งแรก, น้ำหนักเมื่อเป็นสัดครั้งแรก, American Brahman, Age at puberty, Weight at puberty.

^{1/} กลุ่มงานวิจัยและปรับปรุงพันธุ์ ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่, เชียงใหม่. 50300

Livestock Research and Breeding Group, Chiangmai Livestock Research and Breeding Center, Chiangmai. 50300

บทนำ

อายุเมื่อเป็นหนุ่มสาว หรือ อายุเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรกเป็นลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในโคเนื้อ การเป็นสัตว์ครั้งแรกนั้น นับจากวันที่ตรวจพบว่า โคเป็นสัดแบบ Standing estrus คือ ยืนนิ่งเมื่อถูกโคตัวอื่นขึ้นขี่ การเริ่มเป็นหนุ่มสาวของโคเนื้อจะขึ้นอยู่กับพันธุ์โค อาหารที่โคได้รับ และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (Nelson และคณะ, 1982; Short และ Bellows, 1971) โคเนื้อตระกูล *Bos indicus* จะให้ลูกตัวแรกเมื่ออายุเฉลี่ย 42-50 เดือน และโคบราห์มันจะเริ่มเป็นสัดครั้งแรกช้ากว่าโคพันธุ์ยุโรปและอเมริกา โดยโคเนื้อของยุโรป เช่น แองกัส เชียฟอร์ด ซิมเมนทอล เป็นต้น จะมีอายุเมื่อเป็นหนุ่มสาวประมาณ 14-15 เดือน แต่โคบราห์มันจะเป็นหนุ่มสาวที่ 19.4 เดือน (อยู่ในช่วง 14-24 เดือน) (Martin และคณะ, 1992; Plasse และคณะ, 1968) การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอายุและน้ำหนักเมื่อเป็นหนุ่มสาวของโคพันธุ์อเมริกันบราห์มัน ศึกษาอิทธิพลของพ่อพันธุ์ อายุแม่พันธุ์ ฤดูกาลเกิด อัตราการเจริญเติบโต และน้ำหนักหย่านมที่มีผลต่ออายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรกของโคพันธุ์อเมริกันบราห์มันที่เลี้ยงในประเทศไทย.

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บข้อมูลโคเพศเมีย พันธุ์อเมริกันบราห์มัน ที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ.2532-2536 จำนวน 65 ตัว ซึ่งเป็นโคที่เกิดจากพ่อพันธุ์อเมริกันบราห์มัน 25 ตัว และมีฤดูกาลเกิด (Calving season) อยู่ในช่วง 12 กุมภาพันธ์ - 13 พฤษภาคม บันทึกข้อมูล วันเกิด น้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม 205 วัน โดยช่วงก่อนหย่านมจะได้

รับอาหารชั้นที่มีโปรตีนประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์เสริมให้กินวันละ 0.5-1.0 กก./ตัว/วัน หลังจากหย่านมจะเลี้ยงปล่อยในแปลงหญ้า และให้อาหารชั้นที่มีโปรตีนประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยให้กินอาหารตามความต้องการ (สมดุล) ของโค ส่วนน้ำและแร่ธาตุก่อนมีตั้งให้กินตลอดเวลา โคที่มีอายุใกล้เป็นสัดจะถูกตรวจเช็คการเป็นสัดวันละ 2 ครั้ง และจะถือว่าเป็นสัตว์ครั้งแรกเมื่อโคสาวยืนนิ่งหลังจากที่พ่อพันธุ์หรือโคสาวตัวอื่นขึ้นขี่ ชั่งน้ำหนักโคที่เริ่มเป็นสัด ข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย : อายุของแม่โคเมื่อคลอดลูก วันเกิด (Birth date), น้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม อัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านม อัตราการเจริญเติบโตหลังหย่านม อายุเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรก และน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรก

การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1990) ดังนี้

1. หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะต่างๆ
2. หา Least square procedures (Harvey, 1975) โดยมีอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ดังนี้

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + D_j + N_k + E_{ijkl}$$

เมื่อ Y_{ijkl} = ลักษณะปรากฏในโคตัวที่ i ที่เกิดจากพ่อพันธุ์ตัวที่ i แม่พันธุ์อายุ j และเกิดในฤดู k

μ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะ

S_i = อิทธิพลของพ่อพันธุ์ (i= 1, 2, 3.....25)

D_j = อิทธิพลของอายุแม่พันธุ์ (j
= 1, 2, 3)
1 = อายุต่ำกว่า 3 ปี
2 = อายุ 3 ปี - 7 ปี
3 = อายุมากกว่า 7 ปี
 N_k = ฤดูที่เกิด ($k = 1, 2$)
1 = มีนาคม - มิถุนายน
2 = พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์
 E_{ijkl} = ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (error)

3. หาสหสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ

4. หาสมการถดถอยของลักษณะ วันเกิด
น้ำหนักหย่านม 205 วัน อัตราการเจริญเติบโต
ก่อนหย่านม และอัตราการเจริญเติบโตหลังหย่านม
กับ อายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรก

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาวิจัย พบว่า อายุเมื่อเป็นสัตว์
ครั้งแรกของโคสาวพันธุ์อเมริกันบราห์มันมีค่า
เฉลี่ยเท่ากับ 707.07 วัน (ตารางที่ 1) ซึ่งมากกว่า
โคพันธุ์อเมริกันบราห์มันที่เลี้ยงในบริเวณที่
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 80 องศาฟาเรนไฮต์ จะมีอายุ
เมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรก เท่ากับ 463 วัน (Dale และ

คณะ, 1959) และจากรายงานของ Nelson และคณะ
(1985), Plasse และคณะ (1968) พบว่า อายุเมื่อเป็น
สัตว์ครั้งแรก เท่ากับ 409 วัน และ 582 วัน ตามลำดับ

น้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรกมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ
341.32 กิโลกรัม (ตารางที่ 1) ซึ่งใกล้เคียงกับ
Nelson และคณะ (1985) ที่รายงานว่า โคพันธุ์
อเมริกันบราห์มัน จะมีน้ำหนักตัวเมื่อเป็นสัตว์
ครั้งแรกเท่ากับ 334 กิโลกรัม และจากรายงานของ
Cundiff และคณะ (1986) พบว่าโคพันธุ์อเมริกัน
บราห์มันมีน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรก เท่ากับ 306
กิโลกรัม

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ อายุเมื่อเป็นสัตว์
ครั้งแรกของโคพันธุ์อเมริกันบราห์มัน มีค่าเฉลี่ย
มากกว่านั้นเนื่องจากโคสาวพันธุ์อเมริกันบราห์มัน
ของศูนย์ฯ เชียงใหม่ มีน้ำหนักเมื่อหย่านม น้อย
กว่ารายงานข้างต้น ทำให้อายุเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรก
มีค่าเฉลี่ยมากกว่า เพราะโคเนื้อที่มีน้ำหนักเมื่อ
หย่านมมากจะเป็นสัตว์ครั้งแรกเมื่ออายุน้อย
(Roberson และคณะ, 1991 ; Patterson และคณะ,
1992a) สำหรับน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม
205 วัน อัตราการเจริญเติบโต ก่อนหย่านม อัตรา
การเจริญเติบโตช่วงหย่านมถึงเป็นสัตว์(หลังหย่านม)
เท่ากับ 24.83 กก. 62.45 กก. 668.34 กรัม/วันและ
280.21 กรัม/วัน ตามลำดับ

Table 1 Mean of various traits associated with puberty

Traits	N	Mean	Std. Dev.
1. Age at puberty (day)	53	707.07	72.68
2. Weight at puberty (kg)	52	341.32	22.78
3. Birth weight (kg)	63	24.83	3.00
4. Day of birth ^{1/}	63	32.52	25.09
5. 205-day weaning weight (kg)	47	162.45	20.45
6. ADG before weaning (gm/day)	47	668.34	92.43
7. ADG after weaning (gm/day)	52	280.21	36.88

^{1/} Day 1 is 12 February (first day of calving season)

อิทธิพลของพ่อพันธุ์โคที่มีผลต่ออายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรกของลูกสาว นั้น พบว่าพ่อพันธุ์โคไม่มีผลทำให้น้ำหนักตัวเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรก มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีผลทำให้อายุเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Arije และ Wiltbank (1971) ซึ่งรายงานว่าพ่อพันธุ์โคมีอิทธิพลต่ออายุเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรกของโคสาวอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าพ่อพันธุ์โคหมายเลข 81/27^{1/} และโคหมายเลข TK89/24^{2/} จะให้ลูกสาวที่มีน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรกสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 379.46 และ 266.46 กิโลกรัม ส่วนโคหมายเลข MK 66/23^{3/} และหมายเลข TK89/24^{2/} จะให้ลูกสาวที่มีอายุเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรกสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 839.68 และ 520.22 วัน ตามลำดับ

ส่วนอายุแม่พันธุ์, ฤดูที่เกิด ไม่พบว่ามีอิทธิพลต่ออายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรกของโคสาวอเมริกันบราห์มัน

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่มีผลต่ออายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรก (แสดงไว้ในตารางที่ 3) สหสัมพันธ์ระหว่างอายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรก เท่ากับ 0.75 ($P<0.01$) แสดงว่าโคสาวอเมริกันบราห์มันที่มีอายุเมื่อเป็นสัตว์แรกมาก จะมีน้ำหนักตัวมากด้วย ใกล้เคียงกับที่ Arije และ Wiltbank (1971) รายงานว่า สหสัมพันธ์ระหว่างอายุ และน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรกของโคพันธุ์เชิฟฟอร์ด เท่ากับ 0.57 ($P<0.01$) ส่วนสหสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตหลังหย่านม กับอายุ และน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรก เท่ากับ -0.27 ($P<0.05$) และ -0.83 ($P<0.01$) ตามลำดับ และสมการถดถอยของการเจริญเติบโตหลังหย่านมที่มีผลต่ออายุเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรก เท่ากับ -1.30 ($P<0.01$) แสดงว่าโคอเมริกันบราห์มันที่มีอัตราการเจริญเติบโตหลังหย่านมสูง จะมีอายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรกน้อยกว่าด้วย (ตารางที่ 3 และ 4) ซึ่งสอดคล้องกับที่ Roberson และคณะ (1991); Patterson และคณะ (1992b) รายงานว่า โคเนื้อที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงจะมีอายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรกเร็วกว่า

Table 2 Age and weight at puberty by sire groups

Sire no.	Weight at puberty (kg)		Age at puberty (days)	
	LSMEAN	S.E.	LSMEAN	S.E.
A1-28	358.80	15.67	801.89	45.29
81/2 ^{1/}	379.46	21.80	819.22	63.01
106/26	378.84	17.09	791.44	49.40
MBR02	352.69	26.55	679.14	76.74
MBR201	326.46	26.55	642.22	76.74
MK111/26	363.69	17.40	833.14	50.30
MK13/24	338.34	17.09	769.94	49.40
MK137/26	315.46	15.67	632.22	45.29
MK14/27	370.46	21.80	768.22	63.01
MK27/27	339.34	17.09	709.94	49.40
MK28/23	327.21	18.60	700.33	49.10
MK56/26	327.08	22.20	668.68	64.17
MK66/23 ^{3/}	366.58	16.22	839.68	46.89
MK77/27	351.84	17.09	777.94	49.40
P12/22	354.58	16.22	808.68	46.89
P18/28	330.62	20.97	633.84	60.62
P28/23	336.71	15.20	719.03	43.94
P79/27	331.71	18.60	724.66	53.76
SK16/27	377.71	14.72	831.22	42.56
TK39/27	343.21	22.77	735.66	65.80
TK43/22	333.21	22.77	749.66	65.80
TK48/24	338.46	26.55	672.22	76.74
TK83/27	368.69	21.80	654.14	63.01
TK89/24 ^{2/}	266.46	21.80	520.22	63.01
TK98/26	353.46	21.80	755.22	63.01

Table 3 Correlations among traits associated with puberty

Traits	Wt-P	DB	Prewaning ADG	Postweaning ADG	WW.
Age at puberty	0.75 ^{**}	-0.01	0.14	-0.27 [*]	0.18
Weight at puberty	-	-0.02	-0.15	-0.83 ^{**}	-0.13
Day of birth(DB)	-	-	0.15	0.02	0.19
ADG before weaning	-	-	-	0.29	0.98 ^{**}
ADG after weaning	-	-	-	-	0.30

* P<0.05, ** P<0.01

Table 4 Regressions of age and weight at puberty on day of birth, weaning weight, gain before weaning, and gain after weaning

Independent Variables	Age-P (days)	Wt.-P (kg.)
Day of birth	-0.07	-0.08
205 day weaning weight	-0.47	0.15
ADG before weaning	-0.11	0.03
ADG after weaning	-1.30**	0.03

** P<0.01

สรุปผลการวิจัย

อายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัดครั้งแรกของโคสาวพันธุ์อเมริกันบราห์มัน เท่ากับ 707.07 วัน และ 341.32 กิโลกรัม ตามลำดับ พ่อพันธุ์เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลทำให้ลูกสาวมีอายุเมื่อเป็นสัดครั้งแรกแตกต่างกันแต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวเมื่อเป็นสัดครั้งแรกของโคสาว สำหรับปัจจัยอายุแม่พันธุ์และฤดูที่เกิดไม่มีอิทธิพลต่ออายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัดครั้งแรกโคสาวที่มีอายุเมื่อเป็นสัดครั้งแรกมากจะมีน้ำหนักตัวมากและโคที่มีอัตราการผลิตโคหลังหย่านมสูงจะมีอายุและน้ำหนักเมื่อเป็นสัดครั้งแรกน้อยกว่า

เอกสารอ้างอิง

- Arije, G.F. and Wiltbank J.N., 1971. Age and Weight at Puberty in Hereford Heifers. *J.Anim.Sci.* 33:401.
- Cundiff, L.V., Gregory K.E., Koch R.M., and Dickerson G.E., (1986). Genetic diversity among cattle breeds and use to increase beef production efficiency in a temperature environment. *Proc. 3rd* World Congr. on Genet. Appl. to Livest. Prod., IX. pp 271-282. Lincoln, NE.
- Dale, H.E., Ragsdale A.C., and Cheng S.S., (1959). Effect of constant environmental temperatures, 50 degrees and 80 degrees F., on appearance of puberty in beef calves. *J.Anim.Sci.* 18:1363.
- Harvey, W.R. (1975). Least square analysis of data with unequal sub- class numbers. Publication ARS H-4. USDA Agriculture Research Service. 157 p.
- Martin, L.C., Brinks J.S., Bourdan R.M., and Cundiff L.V., (1992). Genetic Effects on Beef Heifer Puberty and Subsequent Reproduction. *J.Anim.Sci.* 70:4006.
- Nelson, T.C., Long C.R., and Cartwright T.C., (1982). Postinflection Growth in Straightbred and Crossbred Cattle. II. Relationships among Weight, Height and Pubertal Characters. *J.Anim.Sci.* 55:293.
- Nelson, T.C., Short R.E., Phelps D.A. and Staigmiller R.B., (1985). Nonpuberal Estrus and Mature Cow Influences on Growth and Puberty in Heifers. *J.Anim.Sci.* 61:470.

- Patterson, D.J., Corah L.R., Brethour J.R., Higgins J.J., Kiracofe G.H., and Sterenson J.S., (1992a). Evaluation of Reproductive Traits in *Bos taurus* and *Bos indicus* Crossbred Heifers : Relationship of Age at Puberty to Length of the Postpartum Interval to Estrus. *J.Anim.Sci.* 70:1994.
- Patterson, D.J., Perry R.C., Kirocofe G.H., Bellows R.A., Straigmiller R.B. and Corah L.R., (1992b). Management Considerations in Heifer Development and Puberty. *J.Anim.Sci.* 70:4018.
- Plasse, D., Warnick A.C., and Koger M., (1968). Reproductive Behavior of *Bos indicus* Females in a Subtropical Environment. I. Puberty and Ovulation Frequency in Brahman and Brahman x British Heifers. *J.Anim.Sci.* 27:94.
- Roberson, M.S., Wolfe M.W., Stumpf T.T., Werth I.A., Cupp A.S., Kojima N., Wolfe P.L., Kittok R.J., and Kinder J.E., (1991). Influence of Growth Rate and Exposure to Bulls on Age at Puberty in Beef Heifers. *J.Anim.Sci.* 69:2092.
- SAS. (1990). SAS. User's Guide : Statistics. SAS. Inst., Inc., Cary, Nc. USA.
- Short, R.E. and Bellows R.A., (1971). Relationships Among Weight Gains, Age at Puberty and Reproductive Performance in Heifers. *J.Anim.Sci.* 32:127.
- Article, G.F. and Whitcomb J.M., 1977. Age and Weight at Puberty in Hereford Heifers. *J.Anim.Sci.* 33:401.
- Quabli, L.V., Gregory K.E., Koch R.M., and Dickerson G.R., (1986). Genetic diversity among cattle breeds and use to increase beef production efficiency in a temperate environment. *Proc. 3rd Natl. Cattle Symp.* 1986, 1987.
- Nelson, T.C., Long C.E., and Cartwright T.C., (1982). Postnatal Growth in Straightbred and Crossbred Cattle. II. Relationships among Weight, Height and Pubertal Character. *J.Anim.Sci.* 55:291.
- Nelson, T.C., Short R.E., Phelps D.A., and Straigmiller R.B., (1987). Nonpubertal Heifers and Mature Cows Influence on Growth and Puberty in Heifers. *J.Anim.Sci.* 61:470.
- Marin, L.C., Brown, I.S., Boudier R.M., and Quabli L.V., (1992). Genetic Effects on Beef Heifer Puberty and Subsequent Reproduction. *J.Anim.Sci.* 70:4006.
- ARS H-4. USDA Agriculture Research Service. 127 p.
- Marin, L.C., Brown, I.S., Boudier R.M., and Quabli L.V., (1992). Genetic Effects on Beef Heifer Puberty and Subsequent Reproduction. *J.Anim.Sci.* 70:4006.
- Nelson, T.C., Long C.E., and Cartwright T.C., (1982). Postnatal Growth in Straightbred and Crossbred Cattle. II. Relationships among Weight, Height and Pubertal Character. *J.Anim.Sci.* 55:291.
- Nelson, T.C., Short R.E., Phelps D.A., and Straigmiller R.B., (1987). Nonpubertal Heifers and Mature Cows Influence on Growth and Puberty in Heifers. *J.Anim.Sci.* 61:470.

การพัฒนาสายพันธุ์ส้มไม่มีเมล็ดโดยวิธีการผสมพันธุ์

Development of Seedless Citrus Cultivars by Conventional Breeding Method.

ทวิช ตูพงษ์^{1/}

Pichit Toolapong^{1/}

Abstract: The seedless (triploid, $3x=27$) citrus cultivars can be produced through conventional breeding method by crossing tangor (Miyauchi Iyokan) and pummelo-like fruit (Hyuganatsu) as seed parents with tangelo (Minneola), hybrid mandarin (Kara), hybrid orange (Nova) as pollen parents. Triploid hybrid seedlings of 80%, 29.41%, 28.60%, 25%, 20%, and 0% of total hybrid citrus seedlings were produced from small seeds of Miyauchi Iyokan X Kara, Miyauchi Iyokan X Minneola, Hyuganatsu X Nova, Hyuganatsu X Minneola, Miyauchi Iyokan X Nova and Hyuganatsu X Kara, respectively.

บทคัดย่อ: การผลิตสายพันธุ์ส้มไม่มีเมล็ด (triploid, $3x=27$) สามารถกระทำได้โดยการผสมพันธุ์จาก ส้มลูกผสม (Tangor-Miyauchi Iyokan) และส้มที่มีผลคล้ายส้มโอ (Hyuganatsu) เป็นแม่พันธุ์และส้มลูกผสมต่างๆ (Tangelo-Minneola, hybrid mandarin-Kara, hybrid orange-Nova) เป็นพ่อพันธุ์ ปรากฏว่าคู่ผสม Miyauchi Iyokan X Kara ให้ต้นกล้าส้มลูกผสมที่เป็น triploid 80%, Miyauchi Iyokan X Minneola 29.41%, Hyuganatsu X Nova 28.60%, Hyuganatsu X Minneola 25%, Miyauchi Iyokan X Nova 20% ของจำนวน ต้นกล้าที่ได้จากเมล็ดส้มขนาดเล็ก และมีคู่ผสมเดียว (Hyuganatsu X Kara) ที่ไม่สามารถผลิตต้นกล้าส้มลูกผสมที่เป็น triploid ได้

Index words: ส้ม, การผสมพันธุ์, ลูกผสม $3x$, ไม่มีเมล็ด, Citrus, Conventional breeding, Triploid hybrid, Seedless-citrus.

^{1/} สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290

^{1/} Division of Pomology, Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo Institute of Agricultural Technology, Sansai, Chiangmai, Thailand 50290

คำนำ

การปรับปรุงพันธุ์ไม้ผลให้ไม่มีเมล็ด โดยเฉพาะ ส้มเป็นที่สนใจของนักปรับปรุงพันธุ์ และเป็นความต้องการของตลาดอย่างยิ่ง ไม่ว่าจะเป็นการนำผลส้มมาบริโภคสด (พิชิต, 2537; Gmitter *et al.* 1991) ส้มบรรจุกระป๋อง (กลีบของส้มที่ไม่มีเมล็ดจะแตกยากกว่า ระหว่างกระบวนการบรรจุกระป๋อง) การผลิตน้ำส้มคั้น (จะปราศจากรสชาติที่เกิดจากการปลอมปนของเศษเมล็ดระหว่างการผลิต) และลดการดูดซึมธาตุอาหารบางชนิดจากดิน (Iwamasa, 1966) พืชตระกูลส้มที่ไม่มีเมล็ดที่จัดเป็นสายพันธุ์เศรษฐกิจที่นิยมมีอยู่หลายสายพันธุ์ ได้แก่ Washington Navel, Satsuma mandarin, Tahiti (Persian or Bearss) Lime หรือสายพันธุ์ที่มีเมล็ดน้อย เช่น ส้ม Valencia และ Shamouti, Eureka lemon, Marsh grapefruit (Esen and Soost, 1971) ด้วยความสำคัญดังกล่าวทำให้มีการปรับปรุงพันธุ์ส้มไม่มีเมล็ดเกิดขึ้น

Plaut (1947) ได้ใช้วิธีเคาะยอดเกสรตัวเมียออกก่อนที่จะมีการถ่ายละอองเกสรตัวผู้ แต่ Soost (1958) และ Krezdorn and Cohen (1962) ได้ใช้จิบเบอเรียเรลลินกับส้ม Mandarin และส้ม Clementine ตามลำดับ ต่อมาในปี ค. ศ. 1984 Hearn ได้ผลิตสายพันธุ์ส้มและ Grapefruit ที่ไม่มีเมล็ดโดยใช้รังสี X-ray นอกจากนี้ส้มที่ไม่มีเมล็ดส่วนหนึ่งจะได้มาจากต้นส้ม ที่มีโครโมโซม 3 ชุด [3x-triploid, x=9 (Frost, 1925)] และมีโอกาสเกิดได้เองโดยธรรมชาติน้อยมาก อย่างเช่น ในมะนาว Tahiti ปัจจุบันได้มีการคัดเลือกสายพันธุ์ส้มที่เหมาะสมนำมาผสม กันเพื่อให้ได้ลูกผสมที่มีจำนวนโครโมโซมเป็น 3 ชุด จากสายพันธุ์พ่อและแม่ที่มีโครโมโซม 2 ชุดเหมือนกัน (2x X

2x) หรือต่างกัน เช่น 2x X 4x หรือ 4x X 2x (Esen, 1971) เป็นต้น แต่ต้นส้มลูกผสมที่ได้รับจะมีโอกาสจะเป็น 3x ได้ก็ต่อเมื่อเกิดจากเมล็ดที่ได้รับการผสมระหว่าง สายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่แล้ว เมล็ดยังต้องมีขนาดเล็ก 1/6-1/3 (Esen and Soost, 1971) หรือ 0.4-0.3 เท่าของขนาดเมล็ดปกติ (Oiyama and Okudai, 1983) ทั้งนี้ก็สืบเนื่องมาจากการพัฒนาการและการสิ้นสุดการพัฒนาการที่เป็นไปอย่างรวดเร็วของเมล็ดที่มีโครโมโซมของศัพะ 3 ชุดต่อโครโมโซมของ แหล่งสะสมอาหาร 5 ชุด หรือ เกิดขึ้นเพราะไม่มีการแบ่งเซลล์แบบ Meiosis ระยะที่ 2 ในรังไข่หรือเกิดจากความล่าช้าในการผสมระหว่างเชื้อตัวผู้และเชื้อตัวเมีย ในรังไข่ทำให้มีการเพิ่มจำนวนไข่จาก 1 เป็น 2 ฟอง (พิชิต, 2537) นอกจากนี้ยังสามารถผลิตได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (Zhang, 1985) การเพาะเลี้ยงแหล่งอาหารเลี้ยงดินอ่อนของพืช (Gmitter *et al.*, 1991) และการใช้เทคนิคทาง Somatic hybridization (Protoplast fusion) (Grosser *et al.*, 1992) จะเห็นได้ว่าการพัฒนาเทคนิคการผลิตส้มไม่มีเมล็ดมาโดยตลอด จากอดีตจนถึงปัจจุบัน

แต่การศึกษาทดลองครั้งนี้เป็นความพยายามที่จะผลิตสายพันธุ์ส้มไม่มีเมล็ดโดยการผสมพันธุ์ระหว่างส้มลูกผสมและส้มที่มีผลคล้ายส้มโอเป็นต้นแม่พันธุ์กับส้มลูกผสมต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

ปี ค. ศ. 1992 เดือนพฤษภาคม ได้ผสมพันธุ์ส้มสายพันธุ์ต่างๆ ซึ่งผ่านการคัดเลือกแล้ว ดังนี้คือ Miyauchi Iyokan (Tangor, *Citrus iyo* Hort. ex Tanaka) และ Hyuganatsu (Pummelo-like fruit)

(*C. tamurana* Hort. ex Tanaka) X *Minneola* (tangelo), *Kara* (hybrid mandarin) และ *Nova* (hybrid orange) ณ Fruit Tree Research Institute, Kumamoto Prefectural Agricultural Research Centre, Matsubase, Kumamoto, Japan โดยผสมพันธุ์หลังจากเอาเกสรตัวผู้ออกจากดอกที่จะผสม แล้วจึงคลุมด้วยกระดาษเคลือบไข ป้องกันการปลอมปนของละอองเกสรที่ไม่ต้องการ นำเมล็ดจากผลแก่ที่ได้เก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน 1992 มาชั่งน้ำหนักโดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือขนาดเล็กและขนาดปกติ เมล็ดขนาดเล็กจะมีน้ำหนักน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดปกติ นำเมล็ดส้มที่มีขนาดเล็กที่ได้ทั้งหมดไปเพาะในถาดแก้วทดลองบรรจุกระดาษซับชื้นหนา 2 ชั้น ในตู้มีอุณหภูมิ 25°C หลังจากเอาเปลือกทั้ง 2 ชั้นของเมล็ดออกแล้วเป็นเวลา 7 วัน จึงนำไปปลูกลงในกระถาง ดินเผาบรรจุเวอร์มิคูไลต์ในเรือนกระจก ส่วนการตรวจสอบจำนวนโครโมโซมของต้นกล้าส้มลูกผสมนั้นทำได้โดยการนำเอาปลายรากอ่อนของต้นกล้าส้มซึ่งยาวประมาณ 10 มม. แช่ลงในสารละลาย 0.002M 8-hydroxyquinoline 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 15°C แล้วจึงนำไปแช่ในสารผสม 99% เอทานอล (ethanol) กับกรดอะซิติก (Acetic acid) ในอัตราส่วน 3:1 นาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ต่อจากนั้นจึงย้อมสีด้วย 1% สารละลายอะซิติก ออร์เซิน (Acetic-orcein) แล้วเติม 1N HCl 1 หยด ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 5-7 นาที แล้วจึงนำปลายรากอ่อนที่ได้ไปเตรียมสไลด์ตามวิธีการของ Love and Love (1975)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองพบว่า การติดผล จำนวนและขนาดของเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อผล น้ำหนักของเมล็ดและเปอร์เซ็นต์ของ 3x ได้แสดงใน Table 1. เปอร์เซ็นต์ 3x (Triploid) จากการตรวจสอบ โดยการส่องดูจำนวนโครโมโซมจากปลายรากของต้นกล้าส้มลูกผสม (Figure 2.&3.) พบสูงสุด (80%) จากคู่ผสมระหว่าง *Miyauchi Iyokan* X *Kara* คู่ผสมระหว่าง *Miyauchi Iyokan* X *Minneola* และ *Hyuganatsu* X *Nova* ให้ 3x ประมาณ 30% (29.41 และ 28.60%) ส่วนคู่ผสมอื่นๆ ยกเว้นคู่ของ *Hyuganatsu* X *Kara* (0%-ไม่มีต้นกล้า) ได้ 3x อยู่ระหว่าง 20-25% จาก จำนวนของต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดส้มที่มีขนาดเล็ก (Figure 1.) ในขณะที่ Esen and Soost (1971) ได้รับ 24.21% 6.78% และ 0.41% จากส้มสายพันธุ์ *Sukega* (*Orangelo*) *Temple* (*Tangor*) และ *Clementine* (*Mandarin*) ตามลำดับ ส่วน Undecided seedlings เป็นต้นกล้าที่ไม่มีการเจริญเติบโต (รากและยอดอ่อนหยุดการเจริญ ซึ่งอาจจะเป็นต้นกล้าที่เจริญและพัฒนาจากเมล็ดที่มีขนาดเล็ก ที่ไม่สมบูรณ์จริงๆ อันมิได้เกิดจากการสิ้นสุดการเจริญอย่างรวดเร็วเกินไปของเมล็ดแต่เป็นเพราะความผิดปกติในอัตราส่วน 3:5 ของ Embryo : Endosperm (พิซิด, 2537) จากการทดลองในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์ส้มเมล็ดเล็กกับ 3x ไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ยกเว้นคู่ผสมระหว่าง *Miyauchi Iyokan* X *Nova* (Table 1.) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ที่นำมาใช้เป็นพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ ในกลุ่มของส้มที่มีผลคล้ายส้มโอและสายพันธุ์ส้มลูกผสม ความถี่ของ 3x จะใกล้เคียงกัน (25% และ 29.41% ของจำนวนต้นกล้า) เมื่อมีสายพันธุ์พ่อที่เหมือนกัน (*Minneola*) แต่จะให้ผลแตกต่างกันเมื่อใช้ *Kara*

และ Nova Toolapong (1994) และ Toolapong *et al.*, (1995a) ทดลองผสมระหว่าง Banpeiyu X Ruby Red grapefruit ได้ 3x ถึง 80.70% ของจำนวนต้นกล้า ฉะนั้นถ้าจะผลิตต้นส้มให้มีโครโมโซม 3 ชุดจำเป็นต้องศึกษาและทดสอบความเป็นไปได้เสียก่อนอย่างเช่น Toolapong *et al.*, (1995b) ได้ศึกษาพบว่าส้มลูกผสมเปิด (Open pollination) สายพันธุ์ Minneola และ Nova

สามารถให้ต้นกล้าที่เป็น 3x ได้ 6.25% และ 2.94% ตามลำดับเป็นต้น ส่วนการผสมระหว่างสายพันธุ์ Hyuganatsu กับ Kara ควรจะมีการทดสอบเพื่อยืนยันผลอีกครั้งหนึ่งโดยเฉพาะสายพันธุ์ Kara การพัฒนา การของอับเกสรมักจะผิดปกติ (Nito and Iwamasa, 1985) นอกจากนี้สภาพแวดล้อมเช่น ความชื้นต่ำ แต่อุณหภูมิสูงก็จะมีผลกระทบต่อการผลิตเกสรของส้มด้วย (Nito and Iwamasa, 1986)

Table 1 Development of small seeds and 3X seedlings from crosses, using tangor and pummelos-like fruit as seed parents

Crosses		No. of		Fruit settings (%)	No. of			Small seed (%)	No. of seedlings	Av. seed wt.	
Female	Male	X Flowers	fruit settings		total seeds	seed per Fruit	small seeds			Large	Small
Miyauchi Iyokan	X Minneola	50	18	32	160	10.00	18	11.25	17		0.116
	X Kara	50	10	20	160	2.90	6	20.69	5	0.285	0.132
	X Nova	50	10	20	22	2.20	5	22.73	5		0.137
Hyuganatsu	X Minneola	50	27	54	1010	37.41	8	0.79	8		0.073
	X Kara	50	2	4	7	3.50	1	14.29	0	0.372	0.067
	X Nova	50	21	42	630	30.00	7	1.11	7		0.075

Table 1 (Continue)

Crosses		Range of small seed wt.(g.)	Seedlings			Percentage of fruits/T. seeds/seedlings produced 3X		
Female	Male		undecided	2X	3X			
Miyauchi Iyokan	X Minneola	0.037-0.195	3	9	5	1.95	3.13	29.41
	X Kara	0.034-0.136	0	1	4	4.00	13.79	80.00
	X Nova	0.094-0.168	0	4	1	1.00	4.55	20.00
Hyuganatsu	X Minneola	0.050-0.096	6	0	2	0.27	0.20	25.00
	X Kara	0.067-0.000	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	X Nova	0.041-0.120	1	4	2	0.45	0.30	28.60

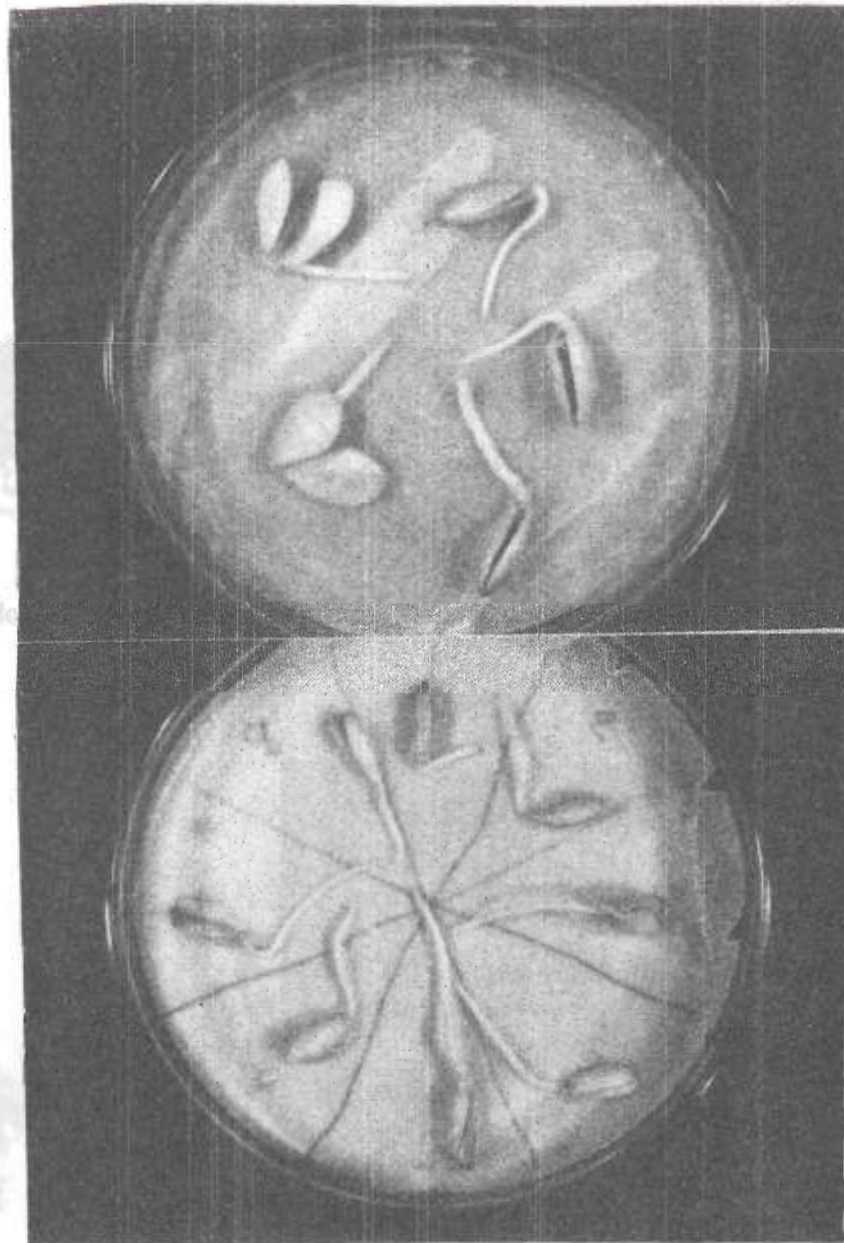


Fig. 1 Normal (top) and small (below) pregerminated seeds from mature fruits of Miyaguchi
Iyokan X Kara.



Fig. 2 Diploid (left) and 2 triploid (right) seedlings from Miyauchi Iyokan X Kara (3 months after germination).

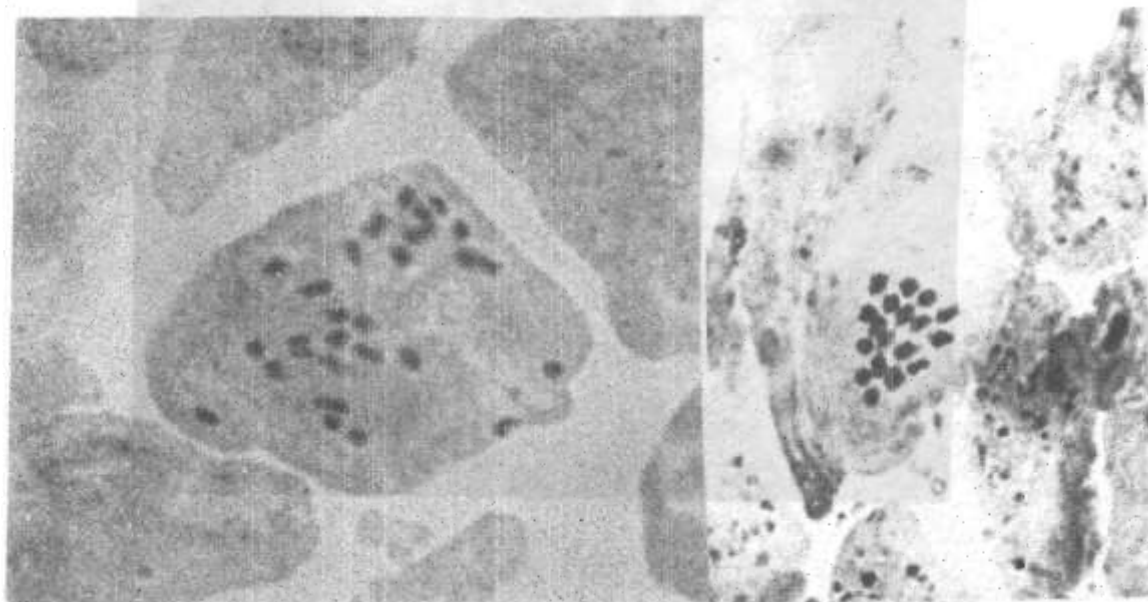


Fig. 3 Chromosomes of root-tip cells. Diploid (left) and triploid (right) of Miyauchi Iyokan X Kara (x2000).

สรุปผลการทดลอง

การผสมพันธุ์ส้มให้ได้น้ำส้มที่ไม่มีเมล็ด อยู่ในรูป 3x (Triploid=27) โดยใช้ส้มลูกผสม (Tangor-Miyauchi Iyokan) และส้มที่มีผลคล้าย ส้มโอ (Hyuganatsu) เป็นสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์ ส้มลูกผสมต่างๆ (Tangelo-Minneola, hybrid mandarin-Kara, hybrid orange-Nova) เป็นสายพันธุ์ พ่อปรากฏว่าคู่ผสม Miyauchi Iyokan X Kara ให้ต้นกล้าส้มลูกผสมที่เป็น 3x (Triploid) สูงถึง 80%, Miyauchi Iyokan X Minneola 29.41%, Hyuganatsu X Nova 28.60%, Hyuganatsu X Minneola 25%, Miyauchi Iyokan X Nova 20% ของจำนวนต้นกล้าส้มลูกผสมที่มาจากเมล็ดส้ม ที่มีขนาดเล็กและมีเพียงกลุ่มผสมเดียว (Hyuganatsu X Kara) ที่ผลิตเมล็ดส้มที่มีขนาดเล็กได้เพียง 1 เมล็ด แต่ก็ไม่สามารถที่จะเจริญและพัฒนาไปเป็นต้นกล้า ส้มที่สมบูรณ์ได้

เอกสารอ้างอิง

1. พิชิต คุตพงศ์. (2737). การสร้างสายพันธุ์ส้มไร้เมล็ดจากเมล็ดส้มขนาดเล็กที่มีหลายลักษณะ. การสัมมนาวิชาการประจำปี 2537 สมาคมนักเรียนไทยในประเทศญี่ปุ่นในพระบรมราชูปถัมภ์ 11 ธันวาคม 2537 ณ หอพักนักเรียนนานาชาติ กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น. หน้า 117.
2. Esen, A. (1971). Unexpected polyploids in Citrus and their origin. Ph.D. Dissertation, Uni. of California, Riverside, California.
3. Esen, A. and R. K. Soost. (1971). Unexpected triploids in Citrus: Their origin, identification, and possible use. J. Hered. 62:329-333.
4. Frost, H. B. (1925). The chromosomes of citrus. J. Wash. Acad. Sci. 15:1-3.
5. Gmitter, F. G., Jr. and X. B. Ling. (1991). Embryogenesis in vitro and nonchimeric tetraploid plant recovery from undeveloped citrus ovules treated with colchicine. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116:317-321.
6. Gmitter, F. G., Jr., X. B. Ling, and X. X. Deng. (1990). Induction of triploid citrus plants from endosperm calli in vitro. Theor. Appl. Genet. 80:785-790.
7. Grosser, J. W., F. G. Gmitter, Jr., F. Sesto, X. X. Deng, and J.L. Chandler. (1992). Six new somatic citrus hybrids and their potential for cultivar improvement. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117:169-173.
8. Hearn, C. J. (1984). Development of seedless orange and grapefruit cultivars through seed irradiation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109:270-273.
9. Iwamasa, M. (1966). Studies on the sterility in genus Citrus with special reference to the seedlessness. Bull. Hort. Res. Stn., Minist. Agri. Forest. and Fisheries. B 6:1-81.
10. Krezdorn, A. H. and M. Cohen. (1962). The influence of chemical fruit-set sprays on yield and quality of citrus. Proc. Fla. State Hort. Soc. 75: 53-60.
11. Love, A. and D. Love. (1975) Plant science 1: Plant chromosomes. Strauss & Cramer, Leutershausen, Germany . 184 pp.
12. Nito, N. and M. Iwamasa. (1985). Abnormal anther development in 'Sweet Spring' and 'Kara', hybrid progenies of satsuma mandarin.

- Bull. Fac. Agri., Saga Uni. 59:11-16.
13. Nito, N. and M. Iwamasa. (1986). Development of pollen grain of Citrus at anthesis. Bull. Fac. Agri., Saga Uni. 60: 1-7.
14. Oiyama, I. and N. Okudai. (1983). Studies on the polyploidy breeding in Citrus. III. Occurrence of triploids in the progenies of diploid sweet oranges crossed with diploids. Bull. Fruit Tree Res. Stn. D 5:1-8.
15. Plaut, N. (1947). Experiments with unfruitful valencia orange trees. Palestine J. Bot. 6: 58-62.
16. Soost, R. K. (1958). Gibberellic acid on mandarin. Calif. Agri. 12:5.
17. Toolapong, P. (1994). Triploids and aneuploids in citrus fruits. D.Sc. Dissertation, Kyushu Tokai University, Kumamoto, Japan.
18. Toolapong, P., H. Komatsu and M. Iwamasa. (1995a). Triploids and haploid from small seeds of 'Banpeiyu', a pummelo cultivar, crossed with grapefruit. J. Jap. Soc. Hort. Sci. (In press).
19. Toolapong, P., H. Komatsu and M. Iwamasa. (1995b). Triploids from small seeds of polyembryonic citrus cultivars. Proc. Sch. Agri. Kyushu Tokai University. 14:1-8.
20. Zhang, W. (1985). Citrus clonal selection, progeny testing and in vitro propagation. J. Fruit Var. 39:20-30.
8. Hearn, C. J. (1984). Development of seedless orange and grapefruit cultivars through seed irradiation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109:370-377.
9. Iwamasa, M. (1986). Studies on the sterility in genus Citrus with special reference to the seedlessness. Bull. Hort. Res. Stn., Minori Agri. Forest and Fisheries B 6:1-81.
10. Kozdrom, A. H. and M. Cohen (1962). The influence of chemical fruit-set sprays on yield and quality of citrus. Proc. Fla. State Hort. Soc. 75: 23-60.
11. Lavee, A. and D. Lavee (1972). Plant science I: Plant chromosome. Strauss & Cramer, Lautschhausen, Germany. 184 pp.
12. Nito, N. and M. Iwamasa. (1983). Abnormal anther development in 'Sweet Spring' and 'Kara', hybrid progenies of satsuma mandarin.
1. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 1 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
2. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 2 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
3. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 3 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
4. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 4 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
5. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 5 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
6. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 6 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
7. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 7 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
8. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 8 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
9. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 9 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
10. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 10 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
11. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 11 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
12. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 12 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
13. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 13 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
14. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 14 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
15. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 15 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
16. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 16 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
17. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 17 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
18. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 18 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
19. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 19 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.
20. Hsu, K. (1977). การปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ดด้วยรังสีแกมมา. รายงานฉบับที่ 20 ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ส้มไร้เมล็ด. 227 หน้า.

ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดที่มีต่อ เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นสำหรับการผลิตแหนม

Types and Quantity of Chemical Acidulants Affecting on Starter Cultures for Nham Production

สุรยา บุญอนันต^{1/} ไพโรจน์ วิริยจารี^{2/} และ นินนาท จินประห์ชัย^{3/}

Suthaya Boonthanom^{1/}, Pairote Wiriyacharee^{2/}, and Ninnart Chinprahast^{3/}

Abstract : Chemical acidulants, glucono-delta-lactone (GDL) and lactic acid, were varied to different levels such as 0.25%, 0.50%, 0.75% and 1.00% compared with each control to study their effects on Nham's starter cultures in model system. The fermentation time is 48 hours for *Micrococcus varians* (ATCC 15306) and 24 hours for *Lactobacillus plantarum* (NHI 1100) and *Pediococcus cerevisiae* (NZ DRI). It was found that the effect of lactic acid was higher than GDL's. Not only to their growths but their activities also, especially to *M. varians*. Furthermore, these effects depended on chemical acidulant concentration in fact that 0.25% GDL had the least effect. So, it should be the most suitable treatment for Nham as it lead to more safty for consumption.

^{1/}ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

^{2/}Food Technology Department, Faculty of Agro-Industry, Maejo Institute of Agricultural Technology, Chiangmai 50290.

^{3/}ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{4/}Product Development Technology Department, Faculty of Agro-Industry, Chiangmai University, Chiangmai 50200.

^{5/}ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

^{6/}Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330.

บทคัดย่อ : สารเคมีที่ให้ความเป็นกรด 2 ชนิด คือ กลูโคโนเดลตาแลคโตน (GDL) และกรดแลคติก ได้นำมาใช้ในการศึกษาถึงผลของสารดังกล่าวที่มีต่อเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่ใช้ในการผลิตแฮม โดยศึกษาในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Model system) และแปรรูปที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ในระยะเวลาการหมัก 48 ชั่วโมงสำหรับ *Micrococcus varians* (ATCC 15306) และ 24 ชั่วโมงสำหรับ *Lactobacillus plantarum* (NHI 1100) และ *Pediococcus cerevisiae* (NZ DRI) จากการทดลองพบว่ากรดแลคติกมีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตและการทำกิจกรรมของเชื้อทั้ง 3 สายพันธุ์มากกว่า GDL โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *M. varians* นอกจากนี้ยังพบว่า GDL ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 เป็นระดับที่มีผลกระทบต่อเชื้อดังกล่าวน้อยที่สุด และเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการ ผลิตผลิตภัณฑ์แฮมเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการบริโภคต่อไป

Index words : แฮม, เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น, Nham, Starter culture

บทนำ

แฮมเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อสุกรที่นำมา หมักให้เกิดรสเปรี้ยว และรับประทานในลักษณะ ที่ไม่ผ่านความร้อนนับเป็นอาหารทางพื้นบ้านทาง ภาคเหนือของประเทศไทยประเภทหนึ่งที่นิยม บริโภคควบคู่กับเครื่องเคียงประเภทอัลกอแคในปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่ผลิตกัน โดยทั่วไปยังมี คุณภาพไม่สม่ำเสมอโดยเฉพาะในด้านรสชาติที่ อาจมีความเปรี้ยวไม่คงที่ในแต่ละครั้งของการผลิต ซึ่งผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัย ในการผลิต อาทิ อุณหภูมิในการหมักส่วนผสม รวมถึงประเภทและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปน เปื้อนในผลิตภัณฑ์ซึ่งผู้ผลิตไม่สามารถควบคุมได้ เป็นต้น เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว และเป็นการ ปรับปรุงคุณภาพแฮมให้ดีขึ้น จึงมีงานวิจัย เกี่ยวกับการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมในผลิตภัณฑ์ แฮมขึ้น งานวิจัยดังกล่าวพบว่าการใช้เชื้อบริสุทธิ์ แลคติกแอซิดแบคทีเรีย 2 สายพันธุ์ คือ *Lactoba- cillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* สามารถผลิตกรดแลคติกซึ่งให้รสเปรี้ยวแก่ผลิตภัณฑ์ ได้ในระยะเวลาการหมัก 48 ชั่วโมงและให้ค่า ความเป็นกรดต่าง (pH) ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ประมาณ 4.1-4.5 ประกอบกับการใช้ร่วมกับ

ในเตรทรีคิวซิงแบคทีเรีย คือ *Micrococcus varians* ซึ่งจะช่วยควบคุมในด้านสีของผลิตภัณฑ์อีกด้วย (Wiriyacharee, 1990)

เมื่อพิจารณาถึงความปลอดภัยในการ บริโภคของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวพบว่ายังคงมีการ ปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอยู่บ้าง เช่น *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถทำให้เกิดอาการท้องร่วง ได้ซึ่งถ้าในกระบวนการผลิตสามารถควบคุมเชื้อ เหล่านี้ให้อยู่ในระดับต่ำที่สุดหรือตรวจไม่พบเลยก็จะ เป็นการผลิตแฮมยุคใหม่ที่มีความปลอดภัยในการ บริโภคได้

จากการศึกษาทางด้านเนื้อสัตว์ในปัจจุบัน พบว่า ได้มีการใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรด เช่น กลูโคโนเดลตาแลคโตน (Glucodeltalactone, GDL) และกรดแลคติก เป็นต้น โดย GDL สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้น และสามารถยับยั้งการเจริญของ *Staphylococci* และ *Clostridium botulinum* (Riemann, Lee and Genigeorgis, 1972) สามารถลดระดับของ Fecal streptococci, total aerobic bacteria และ Coliforms ในเนื้อบดลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ด้วยเช่นกัน (Maijala et al., 1993) จากการศึกษาของ Kotter, Palitzsch และ Geiger ในปี 1969 พบว่า GDL ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักนี้ไม่มีผลกระทบต่อระดับของแลคติกแอซิดแบคทีเรียในเนื้อบด ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของการใช้ GDL ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นอย่างหนึ่ง GDL ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักนี้ยังมีส่วนช่วยเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการหมักและชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นพิษได้ด้วย สำหรับการใส่กรดแลคติกในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักพบว่าสามารถชะลอการสร้างสปอร์พิษของ *Clostridium botulinum* และลดปริมาณการใช้สารไนเตรทและสารไนไตรท์ลงได้ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการเกิดไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์เนื้อและลดปริมาณแบคทีเรียลงได้ด้วย (Klettner and Baumgartner, 1980) แต่จากการทดลองของ Vichiensanth (1982) พบว่าการใช้กรดแลคติกในไส้กรอกเปรี้ยวของไทยจะทำให้ส่วนผสมและ ยากต่อการอัดใส่ Casing และมีการแตกของไส้กรอกเปรี้ยวขณะให้ความร้อนในการทำใหสุก ซึ่งก็เป็นข้อเสียอย่างหนึ่งที่ควรคำนึงถึง

อย่างไรก็ตามในการพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านความปลอดภัยในการบริโภคจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ให้อาหาร ตัวอย่างเช่น *Staphylococcus aureus* ได้มีการทดลองของ Daly และคณะ (1973) พบว่าการใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดเช่น GDL ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์ *L. plantarum* และ *P. cerevisiae* ในไส้กรอกหมักจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของ *S. aureus* ได้ เพราะช่วยลดค่า pH ในช่วงต้นของการหมักลงได้ จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์หมัก แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์หมักที่ศึกษาทดลองนี้อาศัยเชื้อบริสุทธิ์

ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดที่มีต่อเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นสำหรับการผลิตหมัก

เริ่มต้นถึง 3 สายพันธุ์ จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงผลกระทบของสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดที่มีต่อเชื้อบริสุทธิ์ทั้ง 3 สายพันธุ์ ในอาหารเลี้ยงเชื้อ (model system) ก่อน เพื่อต้องการทราบชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของสารเคมีดังกล่าวที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์หมักต่อไป สำหรับในที่นี้จะศึกษาสารเคมีที่ให้ความเป็นกรด 2 ชนิด คือ GDL และ กรดแลคติก โดยพิจารณาความสามารถในการเจริญเติบโตและรอดชีวิต ตลอดจนความสามารถในการทำกิจกรรมของเชื้อทั้ง 3 สายพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS จำนวน 50 มิลลิลิตร โดยบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเพาะเลี้ยงเชื้อ *Micrococcus varians* ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว BHI (Brain Heart Infusion) จำนวน 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิการบ่มเดียวกันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของสารเคมีที่ให้ความเป็นกรด 2 ชนิด คือ กรดแลคติกและ GDL และ กรดแลคติก ที่มีต่อเชื้อบริสุทธิ์ทั้ง 3 ชนิดในระบบจำลอง (Model system) จึงจำเป็นต้องให้อาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิดมีส่วนผสมของสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดเหล่านี้ในระดับที่แตกต่างกันดังนี้

1. ใช้ปริมาณสารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดร้อยละ 0.00 ของอาหารเลี้ยงเชื้อโดยน้ำหนัก (ชุดควบคุม)
2. ใช้ปริมาณสารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดร้อยละ 0.25 ของอาหารเลี้ยงเชื้อโดยน้ำหนัก
3. ใช้ปริมาณสารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดร้อยละ 0.50 ของอาหารเลี้ยงเชื้อโดยน้ำหนัก
4. ใช้ปริมาณสารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดร้อยละ 0.75 ของอาหารเลี้ยงเชื้อโดยน้ำหนัก
5. ใช้ปริมาณสารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดร้อยละ 1.00 ของอาหารเลี้ยงเชื้อโดยน้ำหนัก โดยในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI จะเติมโซเดียมไนเตรทปริมาณ 1,500 ppm ลงไปด้วยเพื่อติดตามกิจกรรมของเชื้อพวกไนเตรทรีดิวซิงแบคทีเรีย

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ขนาด 3x2x5 (เชื้อจุลินทรีย์ 3 สายพันธุ์ สารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรด 2 ชนิด และความเข้มข้นของสารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรด 5 ระดับ) โดยแบ่งเป็น 6 Blocks (Block ละ 5 สิ่งทดลอง) ผลที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ โดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูปของ Walonick (1987)

การวิเคราะห์ทางเคมีและจุลชีววิทยา

สิ่งทดลองทั้งหมดจะถูกสุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์ทางเคมีคือ ค่าความเป็นกรดค่า (pH) ค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติก (Total acidity as lactic acid) สำหรับแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (*L. plantarum* และ *P. cerevisiae*)

ตามวิธีของ AOAC (1984) หรือปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลือ (Residual nitrite) สำหรับไนเตรทรีดิวซิงแบคทีเรีย (*M. varians*) โดยวิธี Colorimetric method (AOAC, 1984) และถูกนำมาวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาโดยตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่มีชีวิตอยู่ในขณะนั้นโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมกับเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองศึกษาผลของสารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดซึ่งในที่นี้คือ GDL และกรดแลคติก พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ GDL ให้มากกว่าร้อยละ 0.25 ขึ้นไปจะมีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของเชื้อ *M. varians* อย่างเห็นได้ชัด (Fig. 1) และจากการวิเคราะห์ทางสถิติสามารถแบ่งระดับความเข้มข้นของ GDL ที่มีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของ *M. varians* ออกได้เป็น 3 กลุ่ม (อย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$) ได้แก่ กลุ่มระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 กับชุดควบคุม กลุ่มระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.50 และกลุ่มระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.75 และ 1.00 ซึ่งพบเชื้อ *M. varians* ที่รอดชีวิตประมาณ $\log N$ เท่ากับ 8, 7 และ 6.2 ตามลำดับ ในขณะที่เชื้อเริ่มต้นมีประมาณ $\log N$ เท่ากับ 6.5 นั่นคือ เชื้อ *M. varians* ไม่สามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนได้ ในสิ่งทดลองที่มี GDL ในปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 0.75 และ 1.00 และพบว่า การเติม GDL ในปริมาณร้อยละ 0.25 ลงในระบบไม่มีผลกระทบต่อ การเจริญของเชื้อดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมประกอบกับเมื่อพิจารณาความสามารถในการเปลี่ยนสารไนเตรทเป็นสารไนไตรท์ (Fig. 1) พบว่าประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมดังกล่าวจะแปร

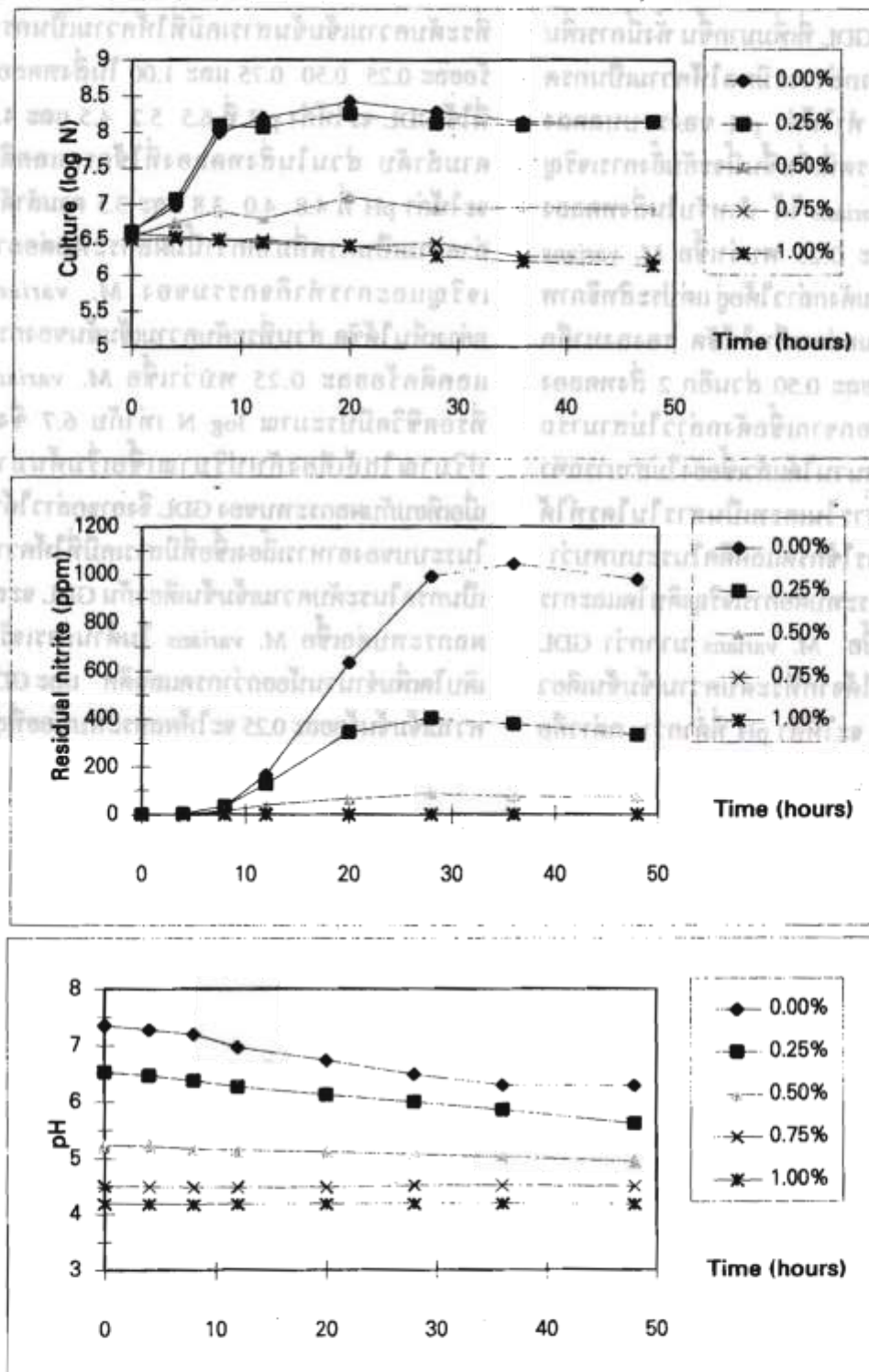


Fig. 1 The Change of *Micrococcus varians*, residual nitrite and pH during 48 hours of fermentation in model system of different concentration of GDL

ผกผันกับปริมาณ GDL ที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณ GDL ดังกล่าวจะมีผลให้ความเป็นกรดในระบบเพิ่มขึ้น ทำให้ค่า pH ของระบบลดลง สภาพความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นนี้จะยับยั้งการเจริญเติบโตของ *M. varians* ได้ สำหรับในสิ่งทดลองที่มี GDL ร้อยละ 0.25 พบว่าเชื้อ *M. varians* สามารถทำกิจกรรมดังกล่าวได้อยู่แต่ประสิทธิภาพต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างเห็นได้ชัด รองลงมาคือที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.50 ส่วนอีก 2 สิ่งทดลองที่เหลือพบว่า นอกจากเชื้อดังกล่าวไม่สามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนได้แล้วเชื้อยังไม่สามารถทำกิจกรรมเปลี่ยนสารไนเตรทเป็นสารไนไตรท์ได้อีกด้วยสำหรับการใช้กรดแลกติกในระบบพบว่ากรดแลกติกมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการทำกิจกรรมของเชื้อ *M. varians* มากกว่า GDL (Fig. 2) สังเกตได้จากที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันกับ GDL นั้น จะให้ค่า pH ที่ต่ำกว่า กล่าวคือ

ที่ระดับความเข้มข้นสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดร้อยละ 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 ในสิ่งทดลองที่ใช้ GDL จะให้ค่า pH ที่ 6.5 5.2 4.5 และ 4.2 ตามลำดับ ส่วนในสิ่งทดลองที่ใช้กรดแลกติกจะให้ค่า pH ที่ 4.8 4.0 3.8 และ 3.5 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดที่มากกว่านี้มีผลกระทบต่อการเจริญและการทำกิจกรรมของ *M. varians* อย่างเห็นได้ชัด ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของกรดแลกติกร้อยละ 0.25 พบว่าเชื้อ *M. varians* ที่รอดชีวิตมีประมาณ $\log N$ เท่ากับ 6.7 ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณเชื้อเริ่มต้นมากเมื่อเทียบกับผลกระทบของ GDL จึงอาจกล่าวได้ว่าในระบบของอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดในระดับความเข้มข้นเดียวกัน GDL จะส่งผลกระทบต่อเชื้อ *M. varians* ในด้านการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนน้อยกว่ากรดแลกติก และ GDL ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 จะให้ผลกระทบน้อยที่สุด

ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ใช้ความสปีนกรดที่มีต่อเชื้อจุลินทรีย์
สำหรับการหมักนม

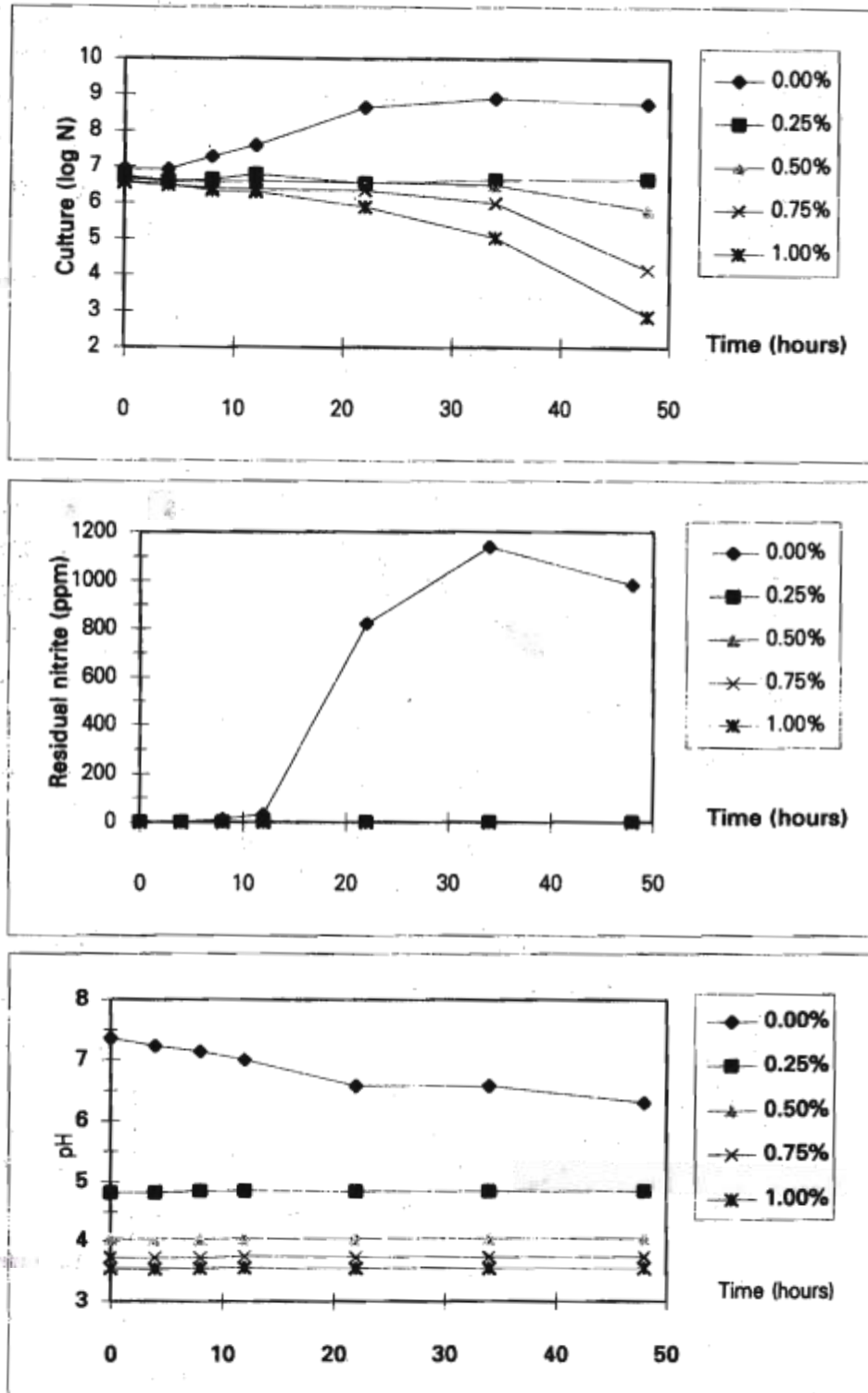


Fig. 2 The Change of *Micrococcus varians*, residual nitrite and pH during 48 hours of fermentation in model system of different concentration of lactic acid.

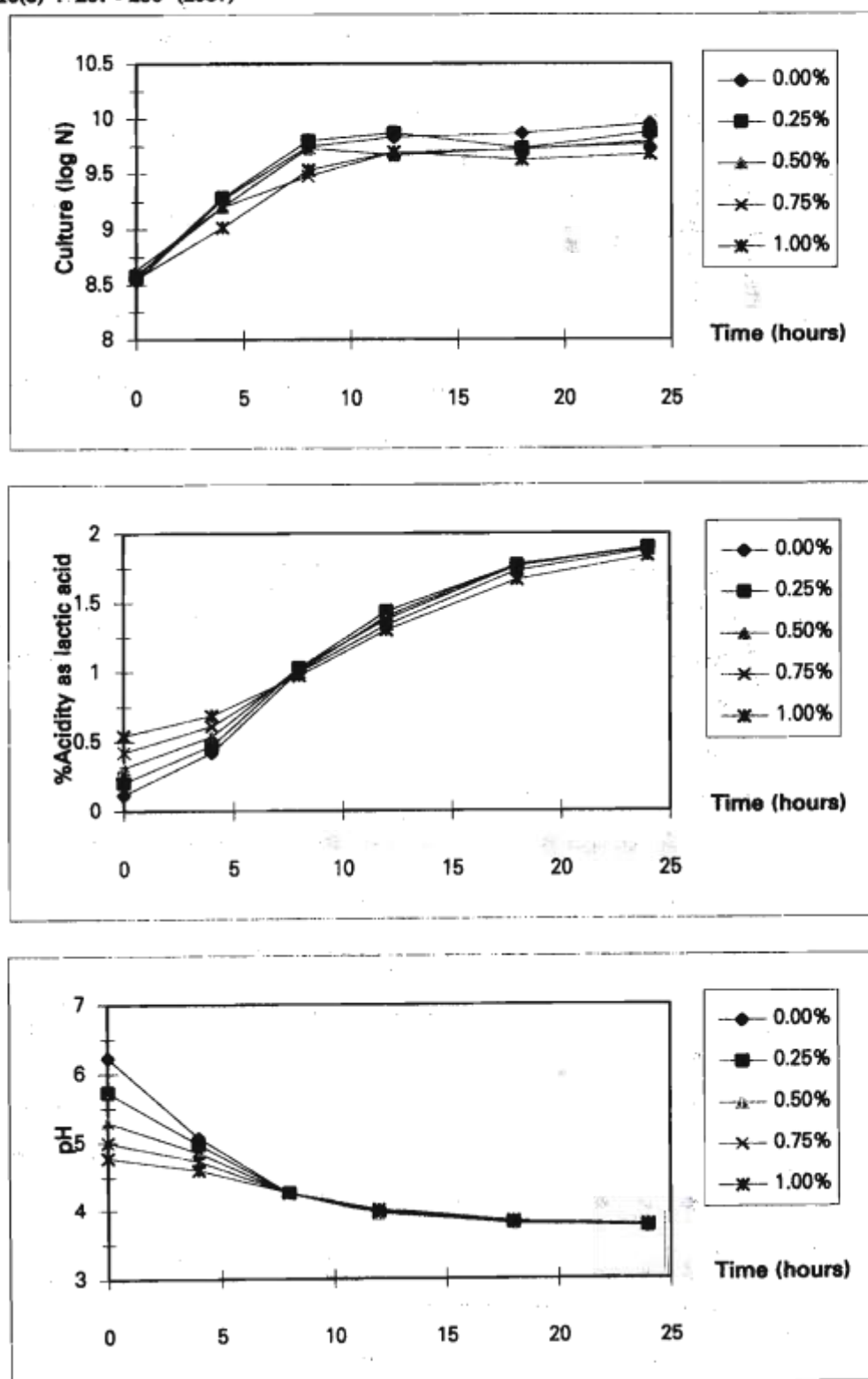


Fig. 3 *Lactobacillus plantarum*, total acidity as lactic acid, and pH during 24 hours of model system with different concentration of GDL.

ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดที่มีต่อเชื้อไวรัสเริ่มต้น
สำหรับการผลิตแทน

สำหรับผลกระทบของ GDL ที่มีต่อ *L. plantarum* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS พบว่าเมื่อความเข้มข้นของ GDL เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการเพิ่มจำนวนเซลล์มีแนวโน้มลดลง (Fig. 3) โดยเชื้อเริ่มต้นอาจตรวจพบประมาณ $\log N$ เท่ากับ 8.6 และเพิ่มขึ้นในช่วง 8 ชั่วโมงแรกของการหมักจนอยู่ในช่วง $\log N$ เท่ากับ 9.5 - 9.8 จากนั้นจะค่อนข้างคงที่ไปจนถึงสิ้นสุดเวลาที่ 24 ชั่วโมง ซึ่งในสิ่งทดลองที่มีปริมาณความเข้มข้นของ GDL สูงจะตรวจพบปริมาณเชื้อ *L. plantarum* ที่รอดชีวิตน้อยกว่าสิ่งทดลองที่มีความเข้มข้นของสารดังกล่าวต่ำกว่า แต่ทั้งนี้ไม่มีผลกระทบต่อกิจกรรมการสร้างกรดของเชื้อดังจะเห็นได้จากความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก 24 ชั่วโมง โดยใน 12 ชั่วโมงแรกค่าดังกล่าวจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปริมาณสารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรด (GDL) ที่เติมลงในแต่ละสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน เหตุการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับค่า pH ที่ลดลงของระบบ ทั้งนี้พบว่าในทุกสิ่งทดลองให้ค่า pH ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเวลาการหมักผ่านไป 24 ชั่วโมงเมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของ *L. plantarum* ในระบบที่มีกรดแลคติกระดับความเข้มข้นเดียวกันกับ GDL พบว่าเมื่อปริมาณความเข้มข้นของกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *L. plantarum* เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Fig. 4) โดยตรวจพบเชื้อในปริมาณ

$\log N$ เท่ากับ 8.3 จากนั้นอัตราการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์จะลดลงตามค่าความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น จนที่เวลาสุดท้ายของการหมัก (24 ชั่วโมง) ตรวจพบเชื้อ *L. plantarum* ที่รอดชีวิต $\log N$ เท่ากับ 9.8 9.7 9.3 9.0 และ 8.6 สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกที่ร้อยละ 0.00 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 ตามลำดับ นอกจากนี้กิจกรรมการสร้างกรดของเชื้อก็จะลดลงด้วยอย่างเห็นได้ชัด โดยในสิ่งทดลองที่มีปริมาณความเข้มข้นกรดแลคติกร้อยละ 0.25 เชื้อ *L. plantarum* สามารถสร้างกรดแลคติกได้มากที่สุดถึงร้อยละ 1.70 เมื่อเทียบกับที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.50 0.75 และ 1.00 เมื่อเวลาการหมักผ่านไป 24 ชั่วโมง ซึ่งสามารถสร้างกรดได้เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 1.35 ขณะที่ในสิ่งทดลองอื่น เชื้อสามารถสร้างกรดเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 0.75 0.40 และ 0.05 เท่านั้น เมื่อเทียบกับปริมาณกรดเริ่มต้นของแต่ละสิ่งทดลอง ปริมาณความเป็นกรดคิดเทียบกรดแลคติกนี้สอดคล้องกับค่า pH ที่ลดลง ยกเว้นในชั่วโมงสุดท้ายของการหมักซึ่งพบว่ามีค่า pH ที่ใกล้เคียงกันในทุกระดับความเข้มข้น ทั้งนี้เป็นเพราะในระบบมีความเป็นบัฟเฟอร์อยู่ที่ pH ประมาณ 4.0 แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองที่กล่าวมา พบว่ากรดแลคติกจะมีผลกระทบต่อ *L. plantarum* ทั้งในด้านของการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์และการทำกิจกรรมของเชื้อมากกว่า GDL ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน

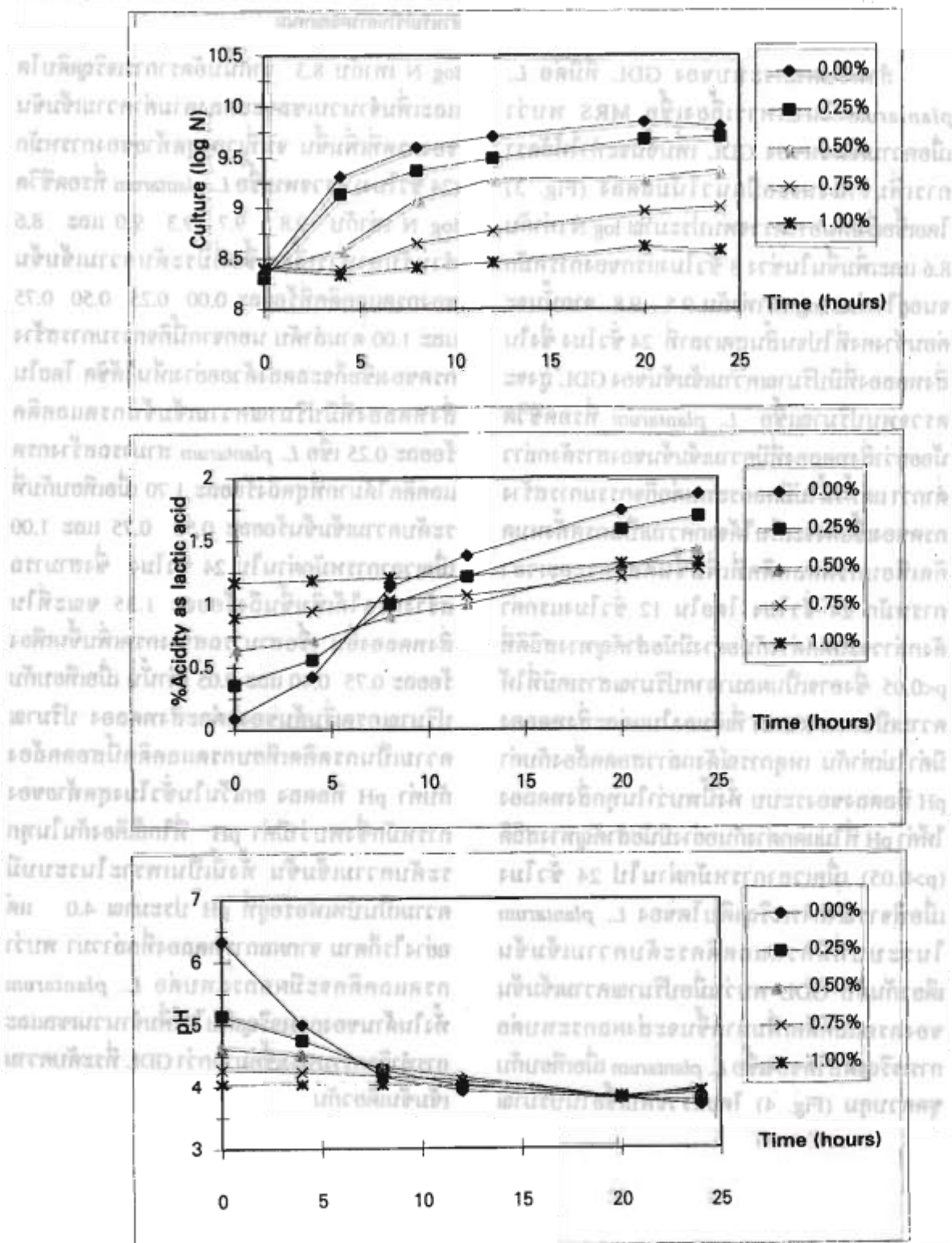


Fig. 4 *Lactobacillus plantarum*, total acidity as lactic acid, and pH during 24 hours of model system with different concentration of lactic acid.

เมื่อพิจารณาผลกระทบของ GDL ที่มีต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ของเชื้อ *P. cerevisiae* (Fig. 5) พบว่าที่เวลาสุดท้ายของการหมัก (24 ชั่วโมง) ตรวจพบเชื้อดังกล่าวที่รอดชีวิตในช่วง $\log N$ เท่ากับ 9.1 - 9.5 จากปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ $\log N$ เท่ากับ 8.1 และการเปลี่ยนแปลงในทุกสิ่งทดลองจะใกล้เคียงกัน โดยมีการเพิ่มจำนวนเซลล์ของเชื้ออย่างรวดเร็วในช่วง 20 ชั่วโมงแรกของการหมัก แต่หลังจากนั้นอัตราการเพิ่มจะค่อนข้างคงที่ แต่ทั้งนี้ปริมาณเชื้อดังกล่าวที่รอดชีวิตในระบบที่มีกรดแลกติกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 0.50 0.75 1.00 และชุดควบคุมจะมีค่าต่ำกว่า (Fig. 6) ในระบบที่มี GDL ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน กล่าวคือ ตรวจพบในปริมาณ $\log N$ เท่ากับ 9.2 8.7 7.8 7.7 และ 9.6 ตามลำดับ ในขณะที่มีเชื้อเริ่มต้นประมาณ $\log N$ เท่ากับ 7.7 นั่นคือในระดับความเข้มข้นกรดแลกติกร้อยละ 0.75 และ 1.00 จะมีการเพิ่มจำนวนของเชื้อดังกล่าวน้อยมากซึ่งสามารถเห็นผลกระทบดังกล่าวได้อย่างชัดเจน หรืออาจกล่าวได้ว่ากรดแลกติกมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ของเชื้อ *P. cerevisiae* มากกว่า GDL ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน สำหรับกิจกรรมของเชื้อในการสร้างกรดแลกติกพบว่า ในระบบที่มี GDL นั้น เชื้อยังคงสร้างกรดได้ โดยถ้าความเข้มข้นของ GDL เพิ่มขึ้น ความสามารถในการ

ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดที่มีต่อเชื้อยีสต์เริ่มต้นสำหรับการหมักแทน

สร้างกรดก็จะลดลง ทั้งนี้ที่ระดับความเข้มข้น GDL ร้อยละ 0.25 เชื้อสามารถผลิตกรดได้มากที่สุด เมื่อเทียบกับที่ระดับความเข้มข้นอื่นรองจากชุดควบคุม คือสามารถผลิตได้ถึงร้อยละ 1.3 ในช่วงเวลาการหมัก 24 ชั่วโมง (เทียบกับที่ชั่วโมงเริ่มต้น) ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่า pH แต่เมื่อเวลาการหมักผ่านไป 12 ชั่วโมงพบว่าในทุกสิ่งทดลองมีค่า pH ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ ทั้งนี้เพราะในระบบมีความเป็นบัฟเฟอร์อยู่ที่ pH ประมาณ 4.0 เมื่อพิจารณากิจกรรมของเชื้อดังกล่าวในระบบที่มีกรดแลกติกพบว่าสิ่งทดลองที่มีความเข้มข้นของกรดแลกติกร้อยละ 0.75 และ 1.00 ไม่มีการเพิ่มขึ้นของกรดหรือการเปลี่ยนแปลงของ pH เลย ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณเชื้อที่มีการเพิ่มจำนวนน้อยมากดังกล่าวในตอนต้น ส่วนระดับความเข้มข้นที่เชื้อยังสามารถทำกิจกรรมได้มากที่สุดคือ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 นอกจากนี้ยังพบว่ากรดแลกติกจะให้ค่าความเป็นกรดที่สูงกว่า GDL ในระดับความเข้มข้นเท่ากัน สังเกตได้จากค่าความเป็นกรดและค่า pH ที่ชั่วโมงเริ่มต้นของการหมัก ซึ่งในระบบที่มีกรดแลกติกจะมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.4 - 1.3 และ 3.75 - 4.75 ตามลำดับ ขณะที่ในระบบที่มี GDL มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.2 - 0.6 และ 4.75 - 5.75 ตามลำดับ

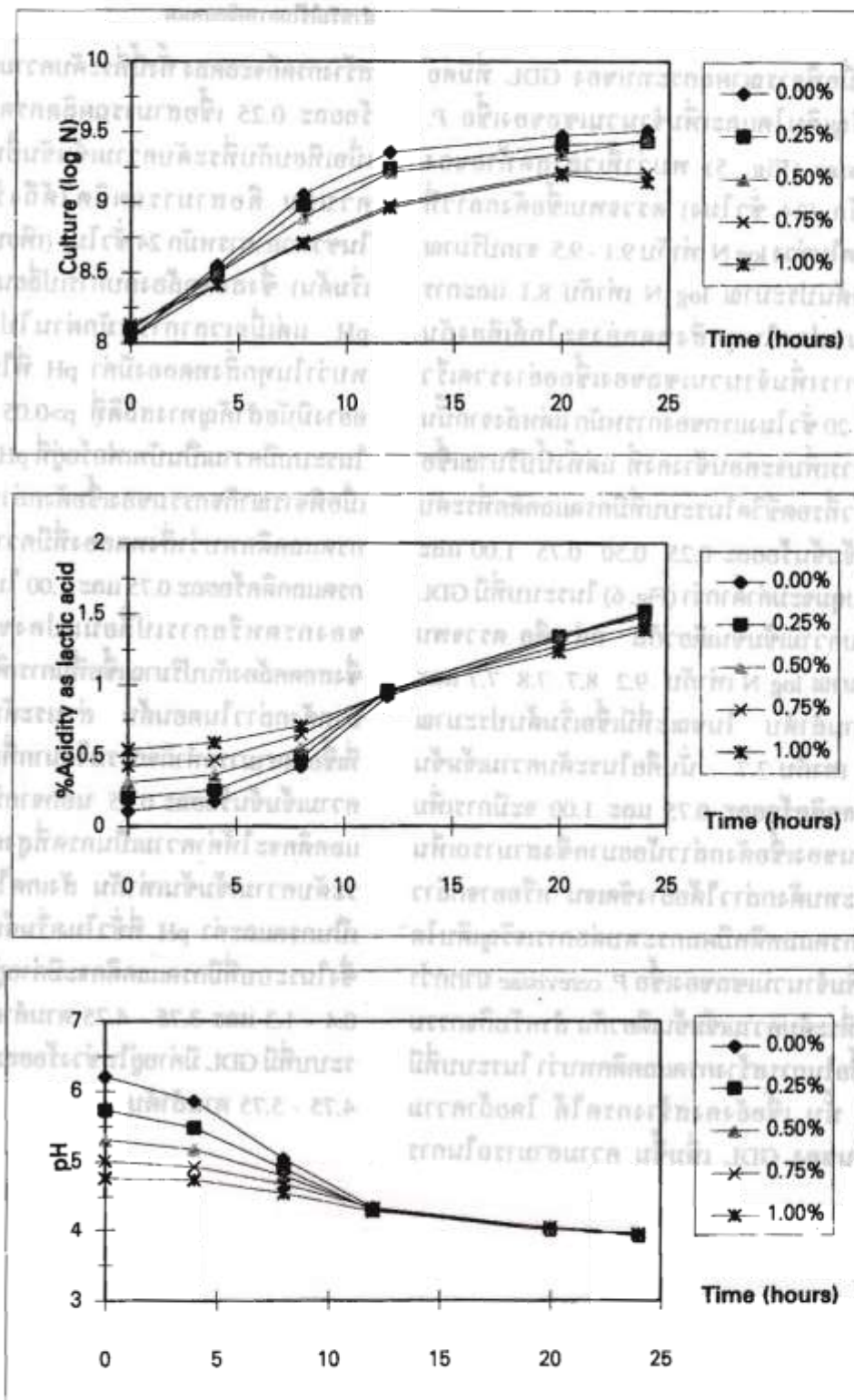


Fig. 5 *Pediococcus cerevisiae*, total acidity as lactic acid, and pH during 24 hours of model system with different concentration of GDL.

ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดที่มีต่อเชื้อยีสต์เริ่มต้น
สำหรับการหมักเนย

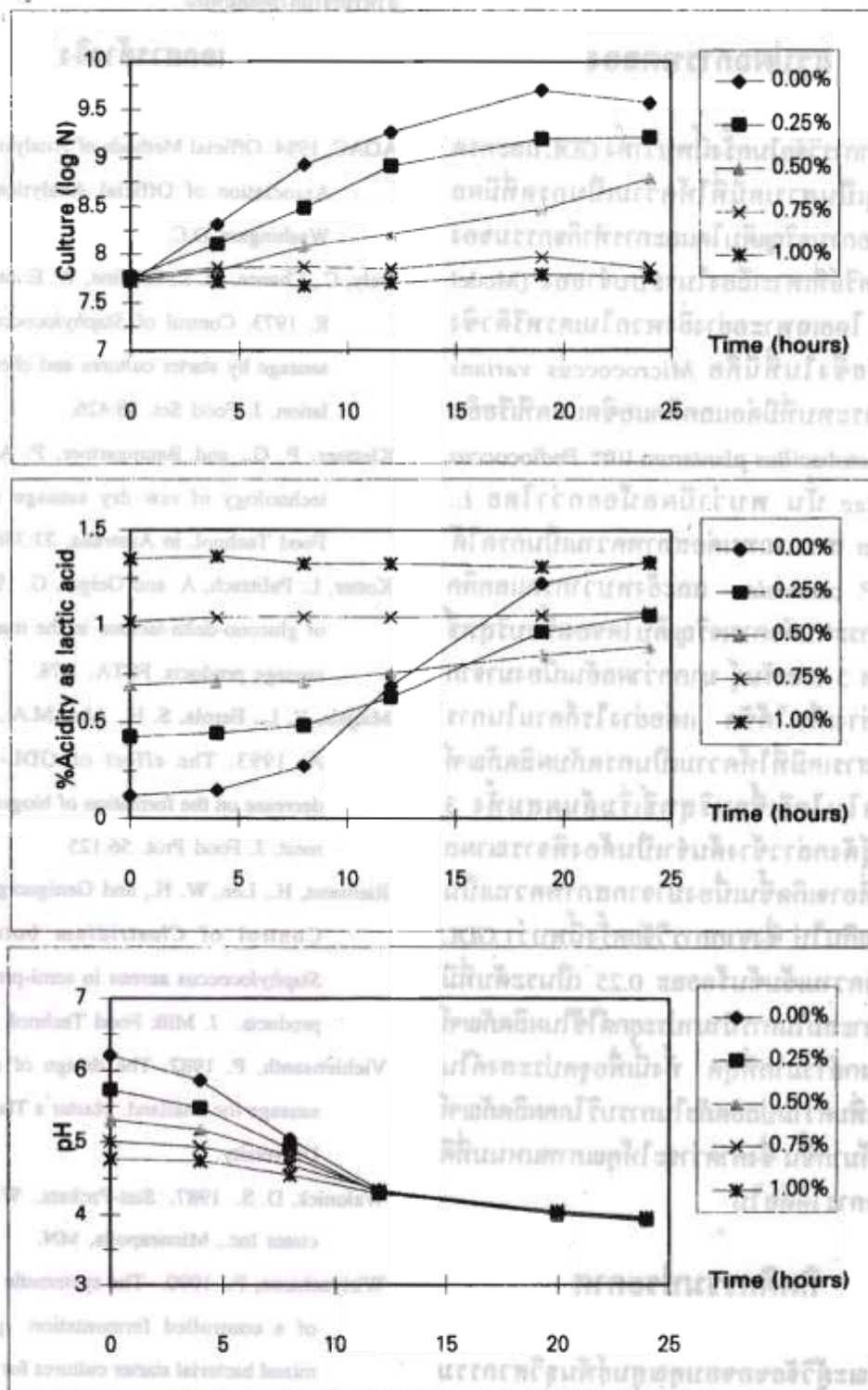


Fig. 6 *Pediococcus cerevisiae*, total acidity as lactic acid, and pH during 24 hours of model system with different concentration of lactic acid.

สรุปผลการทดลอง

จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่าทั้ง GDL และกรดแลคติกเป็นสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดที่มีผลกระทบต่อกระบวนการเจริญเติบโตและการทำกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ที่เพาะเลี้ยงในระบบจำลอง (Model system) โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกในตระกูลลิวซิงแบคทีเรียซึ่งในที่นี้คือ *Micrococcus varians* ส่วนผลกระทบที่มีต่อแลคติกแอซิดแบคทีเรียอันได้แก่ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* นั้น พบว่ามีผลน้อยกว่าโดย *L. plantarum* สามารถทนต่อสภาพความเป็นกรดได้สูงกว่า *P. cerevisiae* และยังพบว่ากรดแลคติกจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการเจริญเติบโตของเชื้อบริสุทธีเริ่มต้นทั้ง 3 สายพันธุ์ มากกว่าผลอันเนื่องมาจาก GDL อย่างเห็นได้ชัด แต่อย่างไรก็ตามในการเลือกใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธีเริ่มต้นผสมทั้ง 3 สายพันธุ์ดังกล่าวข้างต้นจำเป็นต้องพิจารณาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากสภาพความเป็นกรดที่สูงเกินไป ซึ่งจากการวิจัยครั้งนี้พบว่า GDL ในระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 เป็นระดับที่มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์แหนมดังกล่าวมากที่สุด ทั้งนี้เพื่อจุดประสงค์ในด้านการเพิ่มความปลอดภัยในการบริโภคผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ให้มากขึ้น ซึ่งคาดว่าจะให้คุณภาพแหนมที่ดีตามต้องการได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนงานวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. (13rd ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- 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.
- Klettner, P. G., and Baumgartner, P. A. 1980. The technology of raw dry sausage manufacture. Food Technol. in Australia, 32:380.
- Kotter, L. Palitzsch, A. and Geiger, G. 1969. The use of glucono-delta-lactone in the manufacture of sausage products. FSTA. 1:78.
- Maijala, R. L., Eerola, S. H., Aho, M.A., and Hirn, J. A. 1993. The effect of GDL-induced pH decrease on the formation of biogenic amines in meat. J. Food Prot. 56:125.
- Riemann, H., Lee, W. H., and Genigeorgis, C. 1972. Control of *Clostridium botulinum* and *Staphylococcus aureus* in semi-preserved meat products. J. Milk Food Technol. 35:514.
- Vichiensanth, P. 1982. The design of a shelf-stable sausage for Thailand. Master's Thesis, Massey University.
- Walonick, D. S. 1987. Stat-Packets. Walonick Associates Inc., Minneapolis, MN.
- Wiriyacharee, P. 1990. The systematic development of a controlled fermentation process using mixed bacterial starter cultures for Nham, a Thai semi-dry sausage. In Doctoral dissertation, Massey University.

การใช้สารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดร่วมกับ เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมในผลิตภัณฑ์แนม

Utilization of Chemical Acidulant and Mixed Starter Cultures in Nham

สุทธยา บุญอนันต^{1/} ไพโรจน์ วิริยจารี^{2/} และ นินนาท จีนประพันธ์^{3/}

Suthaya Boonthanom^{1/}, Pairote Wiriacharee^{2/}, and Ninnart Chinprahast^{3/}

Abstract : 0.25% of chemical acidulants, glucono-delta-lactone (GDL) and lactic acid, were used in Nham production with/without mixed starter cultures; *Lactobacillus plantarum* (NHI 1100), *Pediococcus cerevisiae* (NZ DRI) and *Micrococcus varians* (ATCC 15306). The use of lactic acid extremely reduced Enterobacteriaceae in 48 hours of fermentation time, GDL and control treatment were less respectively. pH differentiation of treatments were not significant ($p>0.05$) and there were only 3-4 ppm of residual nitrite left in finished products that obviously lower than the limit ;not more than 200 ppm. In the otherhand, utilization of lactic acid led softer product that the compression force was lower than GDL and control treatments. Most panelists preferred GDL use in product and there were lower acceptance in lactic acid use in product. Nevertheless, there were no significant ($p>0.05$) in acceptability of all treatments. In addition, chemical acidulants had more notify effects than mixed starter cultures to quality of Nham production.

^{1/} ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

^{1/} Food Technology Department, Faculty of Agro-Industry, Maejo Institute of Agricultural Technology, Chiangmai 50290.

^{2/} ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลักษณะ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{2/} Product Development Technology Department, Faculty of Agro-Industry, Chiangmai University, Chiangmai 50200.

^{3/} ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

^{3/} Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330.

บทคัดย่อ : สารเคมีที่ให้ความเป็นกรด 2 ชนิด คือ กลูโคโนเดลตาแลคโตน (GDL) และกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ถูกนำมาใช้ในสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์แฮมโดยใช้ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 3 สายพันธุ์คือ *Lactobacillus plantarum* (NHI 1100), *Pediococcus cerevisiae* (NZ DRI) และ *Micrococcus varians* (ATCC 15306) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งหลังจากการหมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า การใช้กรดแลคติกจะช่วยลดเชื้อจุลินทรีย์พวก Enterobacteriaceae ลงได้มากที่สุด ถัดมาคือการใช้ GDL และชุดควบคุมตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างในด้านค่าความเป็นกรดต่าง (pH) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารไนโตรที่เหลือ (Residual nitrite) เพียง 3-4 ppm (กฎหมายกำหนดไว้ไม่เกิน 200 ppm) แต่การใช้กรดแลคติกจะทำให้ลักษณะเนื้อค่อนข้างนุ่มและมีค่าแรงกด (Compression force) ต่ำกว่าการใช้ GDL และชุดควบคุม อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ใช้ GDL ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด และผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรดแลคติกมีการยอมรับต่ำที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ นอกจากนี้ยังพบว่าสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แฮมมากกว่าการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม

Index words : แฮม, เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น, Nham, Starter culture

บทนำ

เทคโนโลยีการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ Wiriyacharee (1990) ได้นำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์แฮม ซึ่งเป็นอาหารหมักพื้นบ้านทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยในการผลิตดังกล่าวจะใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น 2 กลุ่มด้วยกัน กลุ่มแรกเป็นแลคติกแอซิดแบคทีเรีย ได้แก่ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* ซึ่งจะผลิตกรดแลคติกให้กับผลิตภัณฑ์ส่วนอีกกลุ่มเป็นไนเตรทรีดิวซิงแบคทีเรีย คือ *Micrococcus varians* แบคทีเรียสายพันธุ์นี้สามารถเปลี่ยนสารไนเตรทให้เป็นสารไนไตรท์ ซึ่งสารที่เกิดขึ้นนี้จะช่วยให้เกิดสีชมพูแดงที่ผู้บริโภคต้องการในผลิตภัณฑ์ได้ ด้วยเหตุนี้จึงสามารถควบคุมการผลิตให้ผลิตภัณฑ์แฮมมีคุณภาพสม่ำเสมอซึ่งนับเป็นเทคโนโลยีอีกก้าวหนึ่งที่เพิ่มความมั่นใจในการผลิตได้

จากการศึกษาทางด้านเนื้อสัตว์ในปัจจุบันพบว่าได้มีการใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรด เช่น กลูโคโนเดลตาแลคโตน (Glucono-delta-lactone,

GDL) และกรดแลคติก โดย GDL สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้นและสามารถยับยั้งการเจริญของ *Staphylococci* และ *Clostridium botulinum* (Riemann, Lee and Genigeogis, 1972) สามารถลดระดับของ Fecal streptococci, Total aerobic bacteria และ Coliforms ในเนื้อบด และลดระดับของ Histamine และ Putricin ซึ่งเป็น Biogenic amines ประเภทหนึ่งลงได้ด้วยเช่นกัน (Maijala et al., 1993) นอกจากนี้ยังพบว่า GDL ไม่มีผลกระทบต่อระดับของแลคติกแอซิดแบคทีเรียในเนื้อบดแต่กลับช่วยเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการหมัก และช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นพิษได้ด้วย (Kotter, Palitzsch and Geiger, 1969) สำหรับการใช้กรดแลคติกในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก พบว่าสามารถชะลอการสร้างพิษของ *Clostridium botulinum* และลดปริมาณการใช้สารไนเตรทและสารไนไตรท์ลงได้ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการเกิดสารไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์เนื้อและลดปริมาณแบคทีเรียลงได้ด้วย (Klettner and Baumgartner, 1980) ในการศึกษาชนิดและปริมาณสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดที่มีผล

อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวอาศัยระบบ ในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งมีธาตุอาหารครบถ้วนตามที่ เชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวต้องการ ในการศึกษาทดลอง ต่อไปจะศึกษาผลกระทบของสารเคมีที่ให้ความ เป็นกรดดังกล่าวที่มีต่อคุณภาพของแฮมในทาง ฟิสิกส์ได้แก่ การพัฒนาสีของผลิตภัณฑ์ ค่าแรงกด (Compression force) ทางด้านเคมีได้แก่ ค่าความ เป็นกรดต่าง (pH) ค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิด เทียบกรดแลคติก ปริมาณสารไนโตรที่ที่เหลือ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์พวก Enterobacteriaceae, *Staphylococcus aureus* ตลอดจน *Salmonella* spp. ที่มีในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ได้ทดสอบค่า การยอมรับจากผู้บริโภคด้วย

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมเช็อบริตัทธั

เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS จำนวน 50 มิลลิลิตร โค้บบ่มในตู้อบอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเพาะเลี้ยงเชื้อ *Micrococ-*

สูตรพื้นฐานการทำแหม่ม (ไพโรจน์, ลักขณา และ อำพิน, 2536) ลิขสิทธิ์ © ค.ศ. 1998 มหาวิทยาลัยเกษตร

สูตรพื้นฐานการทำแหมม (ไฟโรจน์, ลักขณา

ได้แก่การนำผล (ข้อดีและข้อเสีย) ของ

ส่วนผสมและปฏิกิริยาในโพลิเมอร์ อรรถาธิบาย ร้อยละ

[illegible]

สารเคมี : โซเดียมคลอไรด์ 2.0

โซเดียมคลอไรด์	0.05
----------------	------

โซเดียมไฮดรอกไซด์	0.03
โซเดียมโบโรไฮไดรด์	0.03

สารเคมีที่เคหะบางเบ็ด : ๐.๓๕

เครื่องปรุง : กระเทียมปอกเปลือกและ 4.0

ค่าวิกฤตระดับนัยสำคัญ (1-tailed) 3.0

พริกขี้หนูบดละเอียด 1.0

พริกไทยป่น 0.05

เชื้อแบคทีเรียเริ่มต้น : CFU/g ส่วนของเนื้อ

<i>L. plantarum</i>	10 ³
---------------------	-----------------

การเตรียมวัตถุดิบ

นำเนื้อแดงของสุกรที่ได้จากบริษัทจงเจริญ ฟาร์มมาละลายเอามันและพังผืดออก แล้วล้างทิ้งให้ สะเด็ดน้ำเช็ดด้วยผ้าสะอาดแล้วผ่านเครื่องบดอย่าง หยาบ (ขนาดรูเปิด 0.5 มิลลิเมตร) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ ต่ำ (ประมาณ 4 องศาเซลเซียส) ส่วนหนังสุกรให้ ล้างด้วยน้ำสะอาด ลวกในน้ำเดือดประมาณ 2 นาที ทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ แล้วหันให้ เป็นเส้นยาวประมาณ 10 เซนติเมตร สำหรับ ข้าวเหนียวหนึ่งสุกให้ล้างเมือกออกก่อนด้วยน้ำสะอาด ทิ้งให้สะเด็ดน้ำแล้วบดให้ละเอียด ส่วนผสม ทุกอย่างยกเว้นของแห้งให้เก็บที่อุณหภูมิต่ำเพื่อ รักษานั่นก่อนการผสม

การผสม

นำส่วนของเนื้อ สารเคมี สารเคมีที่ให้ความ เป็นกรด และเครื่องปรุง ผสมเข้าด้วยกันในเครื่อง ผสม โดยใช้ใบพัดรูปตัว K ที่ความเร็ว 50 รอบ ต่อนาที (Speed 1) เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้น ปรับเป็นความเร็วที่ 70 รอบต่อนาที (Speed 2) เป็นเวลา 1 นาที แล้วเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นทั้ง 3 สายพันธุ์ ผสมที่ Speed 2 อีก 1 นาที บรรจุส่วน ผสมในหลอดพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ให้มีน้ำหนัก 100 กรัมต่อแท่งด้วย เครื่องอัด (Stuffer) ปิดหัวท้ายหลอดด้วยเครื่อง Polyclip นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Complete Ran- domize Design (CRD) ขนาด 2x3 รวม 6 สิ่งทดลองดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 ชุดควบคุม + ไม่เติมเชื้อบริสุทธิ์
สิ่งทดลองที่ 2 ชุดควบคุม + เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น 3 สายพันธุ์
สิ่งทดลองที่ 3 GDL + ไม่เติมเชื้อบริสุทธิ์
สิ่งทดลองที่ 4 GDL + เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น 3 สายพันธุ์
สิ่งทดลองที่ 5 กรดแลกติก + ไม่เติมเชื้อบริสุทธิ์
สิ่งทดลองที่ 6 กรดแลกติก + เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น 3 สายพันธุ์
ติดตามการเปลี่ยนแปลงโดยวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH) (AOAC, 1984) ความเป็นกรดทั้งหมดคิด เทียบกรดแลกติก (AOAC, 1984) ปริมาณสาร ไนโตรที่ที่เหลือ (Residual nitrite) โดย Colorimet- ric method (AOAC, 1984) สีของผลิตภัณฑ์ โดย เครื่องวัดสี Chromameter รุ่น CR-310 ของบริษัท Minolta Camera Co.,Ltd. ปี คศ. 1991 ค่าแรงกด โดยเครื่อง Material testing ของบริษัท Instron ปริมาณจุลินทรีย์พวก Enterobacteriaceae (Kiss, 1984) *Staphylococcus aureus* (Kiss, 1984) ปริมาณ *Salmonella* spp. (AOAC, 1984 ; อดิศร, 2533) โดยสุ่มตัวอย่างที่เวลาการหมัก 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ และทดสอบทาง ประสาทสัมผัสโดย Semi-trained panelists จำนวน 20 คน ใช้วิธีการทดสอบแบบ Quantitative descriptive analysis ผลที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัย สำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ โดยอาศัยโปรแกรม สำเร็จรูปของ Walonick (1987)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการทดลองนี้ต้องการทราบผลของสาร เคมีที่ให้ความเป็นกรด 2 ชนิด คือ GDL และ กรดแลกติก เปรียบเทียบกับชุดควบคุมว่ามีผลต่อ ผลิตภัณฑ์เหม็นอย่างไร ซึ่งผลการทดลองด้านการ เปลี่ยนแปลงทางเคมีพบว่าสิ่งทดลองที่ใช้กรด แลกติกจะมีค่า pH เริ่มต้นต่ำกว่าสิ่งทดลองที่ใช้

GDL และชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ แต่แนวโน้มการลดลงจะแตกต่างกัน โดยสิ่งทดลองที่ใช้กรดแลคติกและชุดควบคุมจะมีการลดลงอย่างช้าๆ ใน 12 ชั่วโมงแรกของการหมัก และลดลงค่อนข้างเร็วในช่วงถัดมาที่ 12 - 24 ชั่วโมง (Fig. 1) และลดลงช้าๆอีกครั้งหนึ่งจนสิ้นสุดการหมักที่ 48 ชั่วโมง ส่วนชุดที่ใช้ GDL นั้นจะค่อยๆลดลงตั้งแต่ชั่วโมงแรกของการหมัก จนถึงชั่วโมงที่ 48 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการค่อยๆ แยกตัวให้กรดกลูโคนิกของ GDL แต่อย่างไรก็ตาม ในชั่วโมงที่ 24 ของการหมัก พบว่า ไม่มีความแตกต่างของค่า pH ในทุกสิ่งทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ไปจนถึงสิ้นสุดเวลาการหมักที่ 48 ชั่วโมง เหตุที่การเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันในทุกสิ่งทดลองในช่วงท้ายของการหมักอาจเป็นเพราะมีระบบบัฟเฟอร์ในผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น (Bacus, 1984) ค่า pH สุดท้ายของผลิตภัณฑ์ในทุกสิ่งทดลองจึงอยู่ในช่วง 4.4 - 4.6 สำหรับค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติก (Fig. 1) พบว่า สิ่งทดลองที่ใช้กรดแลคติกจะมีค่าดังกล่าว ที่เวลาเริ่มต้นของการหมักสูงกว่าของสิ่งทดลองที่ใช้ GDL และชุดควบคุมคือร้อยละ 0.35 ขณะที่ สิ่งทดลองที่ใช้ GDL และชุดควบคุมตรวจพบเพียง 0.30 และ 0.28 ตามลำดับอาจเป็นเพราะกรดแลคติกที่ใช้อยู่ในรูปของเหลวซึ่งสามารถกระจายตัวได้ดีในส่วนผสมของหมักเป็นผลให้มีการแตกตัวได้เร็วและทั่วถึง ค่าที่ตรวจพบจึงค่อนข้างสูงกว่า สิ่งทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ส่วนสิ่งทดลองที่ใช้ GDL นั้นนอกจากจะอยู่ในสถานะของของแข็ง(ผง)แล้วยังต้องอาศัยความชื้นช่วยในการแตกตัวเป็นกรดกลูโคนิก ซึ่งต้องใช้เวลาในส่วนนี้พอสมควร ค่าความเป็นกรดที่วัดได้ในชั่วโมงเริ่มต้นของการหมักจึงใกล้เคียงกับชุดควบคุมที่ไม่ใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดใดๆ หลังจากนั้นเมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆในทุกสิ่งทดลอง จนเมื่อสิ้นสุดเวลาการหมัก (48 ชั่วโมง) พบว่าทุกสิ่งทดลองมีค่าความเป็นกรดทั้งหมดประมาณร้อยละ 0.7 - 0.9 และเป็นที่น่าสนใจว่าสิ่งทดลองที่ใช้ GDL จะมีค่าความเป็นกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 12 ชั่วโมงแรกของการหมักจากร้อยละ 0.30 เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.55 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการแตกตัวของ GDL เป็นกรดกลูโคนิกมากในช่วงนี้ ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ที่ลดลงมากในช่วงแรกเช่นกัน แต่เมื่อเวลาการหมักผ่านไปพบว่า ปริมาณกรดได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็นร้อยละ 0.70 ที่ชั่วโมงสุดท้ายของการหมัก (48 ชั่วโมง) นอกจากนี้ยังพบว่าสิ่งทดลองที่ใช้ GDL ร่วมกับเชื้อบริสุทธิเริ่มต้นผสมของ *M. varians*, *L. plantarum* และ *P. cerevisiae* จะให้ปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายสูงกว่าสิ่งทดลองที่ใช้เฉพาะ GDL แต่ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายของทุกสิ่งทดลองแล้วพบว่าสิ่งทดลองที่ใช้กรดแลคติก ร่วมกับเชื้อบริสุทธิเริ่มต้นผสมจะให้ค่าความเป็นกรดที่สูงที่สุดคือประมาณร้อยละ 0.92

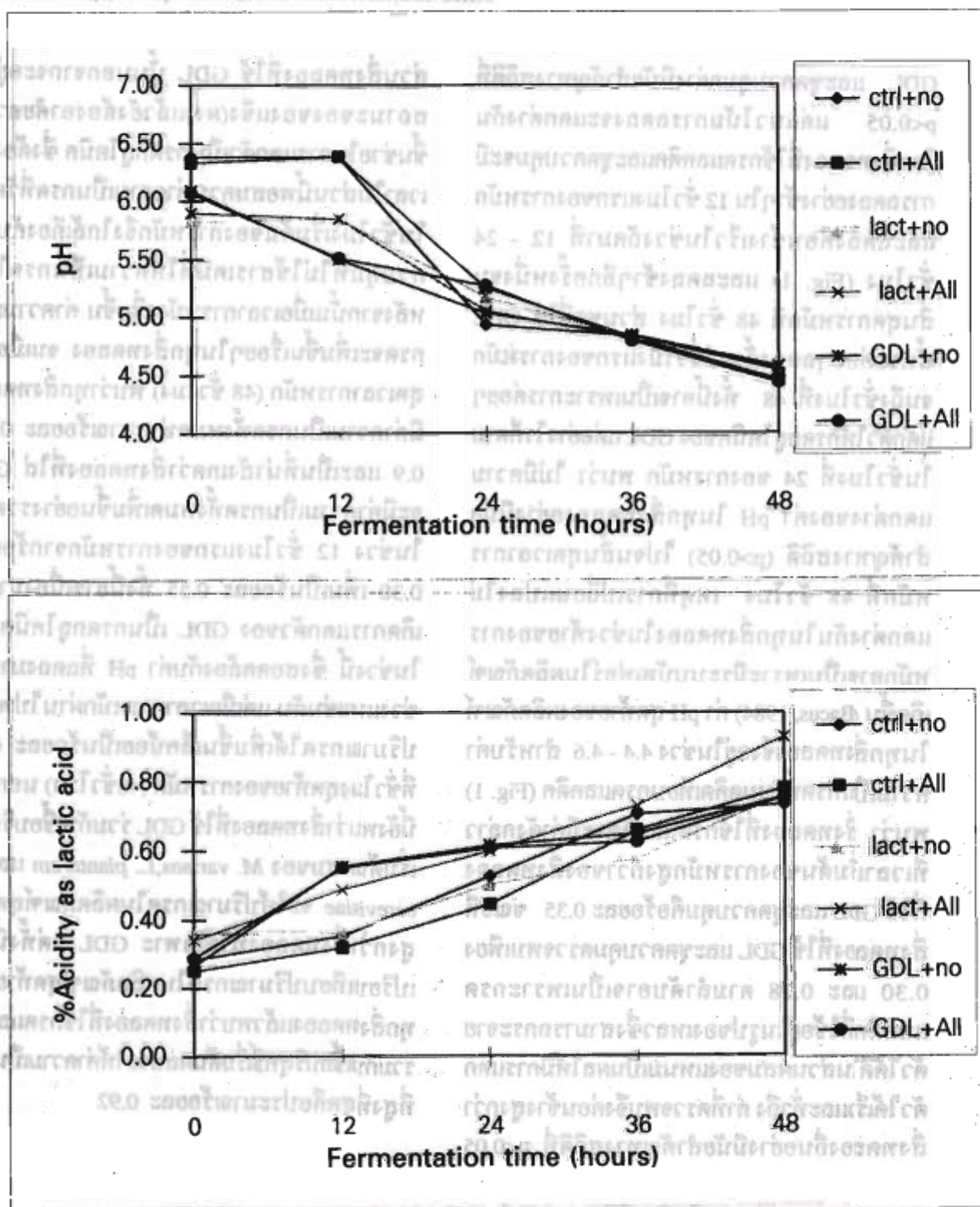


Fig. 1 Chemical changes (pH and acidity as lactic acid) of Nham produced with chemical acidulant and starter cultures during 48 hours of fermentation (Ctrl=control, Lact=lactic acid and 0.25%, GDL=Glucono-delta-lactone, 0.25%, All=Starter cultures, No=No starter cultures).

สำหรับการเปลี่ยนแปลงด้านแรงกด (Compression force) พบว่าที่เวลาเริ่มต้นของการหมัก ค่าแรงกดของทุกสิ่งทดลองจะมีค่าประมาณ 5-7 นิวตัน (N) (Fig. 2) แต่เมื่อเวลาการหมักผ่านไป ค่าแรงกดดังกล่าวจะเพิ่มขึ้น โดยที่ 48 ชั่วโมงของการหมักพบว่าชุดควบคุมและสิ่งทดลองที่ใช้ GDL มีค่าแรงกดสูงกว่าสิ่งทดลองที่ใช้กรดแลกติก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจเป็นเพราะค่า pH ในระบบของสิ่งทดลองที่ใช้กรดแลกติกมีค่าใกล้เคียงกับค่า Isoelectric point ของ Myofibrillar proteins ในเนื้อ ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อลดลง (Bacus, 1984) น้ำจึงถูกปล่อยออกมาอยู่ในส่วนผสมมากขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีลักษณะนุ่มเป็นผลให้ค่าแรงกดที่ได้น้อยกว่าในสิ่งทดลองอื่นโดยค่าที่วัดได้ในผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของกรดแลกติกจะอยู่ในช่วง 17 - 21 นิวตัน ส่วนในผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของ GDL และชุดควบคุมจะมีค่าอยู่ในช่วง 31 - 34 นิวตัน และ 28 - 33 นิวตัน ตามลำดับ ดังนั้นกรดแลกติกความเข้มข้นร้อยละ 0.25 จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการผลิตแฮม เพราะนอกจากจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะนุ่มแล้ว อาจมีน้ำออกมาจากผลิตภัณฑ์ในปริมาณมากด้วยทำให้มีผลกระทบต่อน้ำหนักของผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้

พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของสารไนไตรท์ที่เหลือ (Residual nitrite) และค่าสีที่วัดได้ (L^* a^* b^* ซึ่งเป็นหน่วยของสีในระบบ CIE, Commission International de l' Eclairage) (Fig. 3) พบว่าในชั่วโมงเริ่มต้นของการหมักตรวจพบสารไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในช่วง 140 - 160 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ในทุกสิ่งทดลอง ยกเว้นสิ่งทดลองที่มีส่วนผสมของกรดแลกติกซึ่งตรวจพบเพียง 115 - 125 ppm เท่านั้น ประกอบกับค่าสีแดง (a^*) ในสิ่งทดลอง

ดังกล่าวมีค่าค่อนข้างสูงก็อยู่ในช่วง 10.8 - 12.5 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสิ่งทดลองที่ใช้กรดแลกติกนั้นมีสภาพความเป็นกรดสูงดังกล่าวข้างต้นส่งผลให้สารไนไตรท์เปลี่ยนเป็นไนไตรคออกไซด์ได้เร็วยิ่งขึ้นจึงตรวจพบปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในสิ่งทดลองดังกล่าวน้อยกว่าสิ่งทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ สารดังกล่าวนี้สามารถเกาะกับโมเลกุลของโปรตีนได้เป็นสารให้สีแดงของไนโตรโซไมโอโกลบิน (Bacus, 1984) ทำให้ในสิ่งทดลองดังกล่าวมีค่าของสีแดงสูงกว่าในสิ่งทดลองที่มีส่วนผสมของ GDL และชุดควบคุม (6.6 - 8.5 และ 6.3 - 7.3 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ นั่นคือกรดแลกติกมีอิทธิพลต่อปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลือและค่าของสีแดงมากกว่าอิทธิพลของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม แต่อย่างไรก็ตามปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลืออยู่จะแปรผันตรงกับค่า b^* (แสดงสีน้ำเงิน-เหลือง) นั่นคือเมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้นปริมาณสารไนไตรท์จะลดลง ความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น ส่วนสีแดงจะเพิ่มขึ้นและคงที่ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจึงมีสีแดง-ส้มหรือชมพูแดง และมีค่าความสว่างในช่วง 51 - 53 (L^*) (Fig. 3) สาเหตุที่ค่าดังกล่าวลดลงอาจเป็นเพราะเมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ความเป็นกรดมากขึ้น ทำให้มีการตกตะกอนของโปรตีน และเกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน ซึ่งโปรตีนที่เสียสภาพนี้จะสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ และมีการละลายของโปรตีนใน Sarcoplasmic reticulum ซึ่งเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งของเนื้อออกมา มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะนุ่ม จึงมีผลต่อความสุกสว่างของผลิตภัณฑ์ (L^*) สำหรับในสิ่งทดลองที่ใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมทั้ง 3 ชนิด พบว่าจะให้ค่าสีแดงในผลิตภัณฑ์สุดท้ายมากกว่าชุดควบคุมที่ใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ แต่ทั้งนี้สีของผลิตภัณฑ์จะ

เกี่ยวข้องกับการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งจะอาศัย
ค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสในการพิจารณา
ต่อไป ส่วนค่าที่ควรคำนึงถึงคือปริมาณสาร
ไนโตรเจนที่เหลือในผลิตภัณฑ์สุดท้าย เพราะมีผลต่อ
สุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นจึงควรเหลือใน

ปริมาณที่น้อยที่สุด นั่นคือในสิ่งทดลองที่ใช้ GDL
ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมจะเหลือปริมาณสาร
ดังกล่าวน้อยกว่าสิ่งทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติที่ $p < 0.05$ จึงเป็นสารเคมีที่น่าสนใจในการนำ
มาประยุกต์ใช้ต่อไป

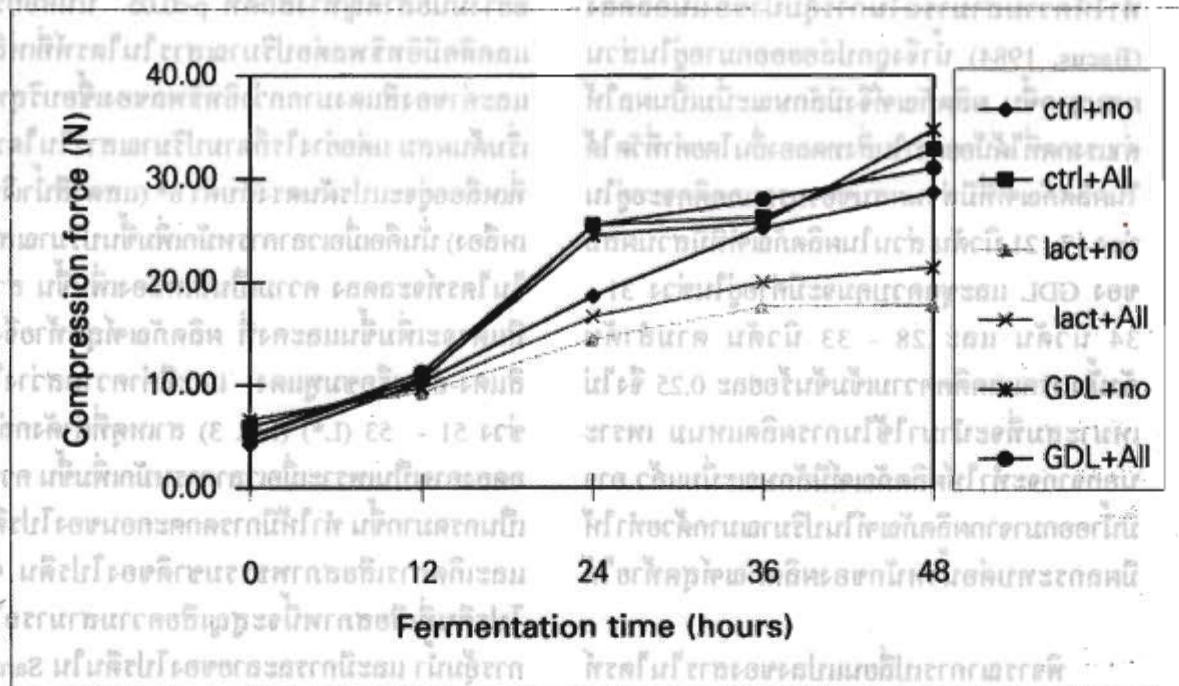


Fig. 2 Compression force of Nham produced with chemical acidulant and starter cultures during 48 hours of fermentation (Ctrl=Control, Lact=Lactic acid 0.25%, GDL=Glucono-delta-lactone 0.25%, All=Starter cultures, No=No starter cultures).

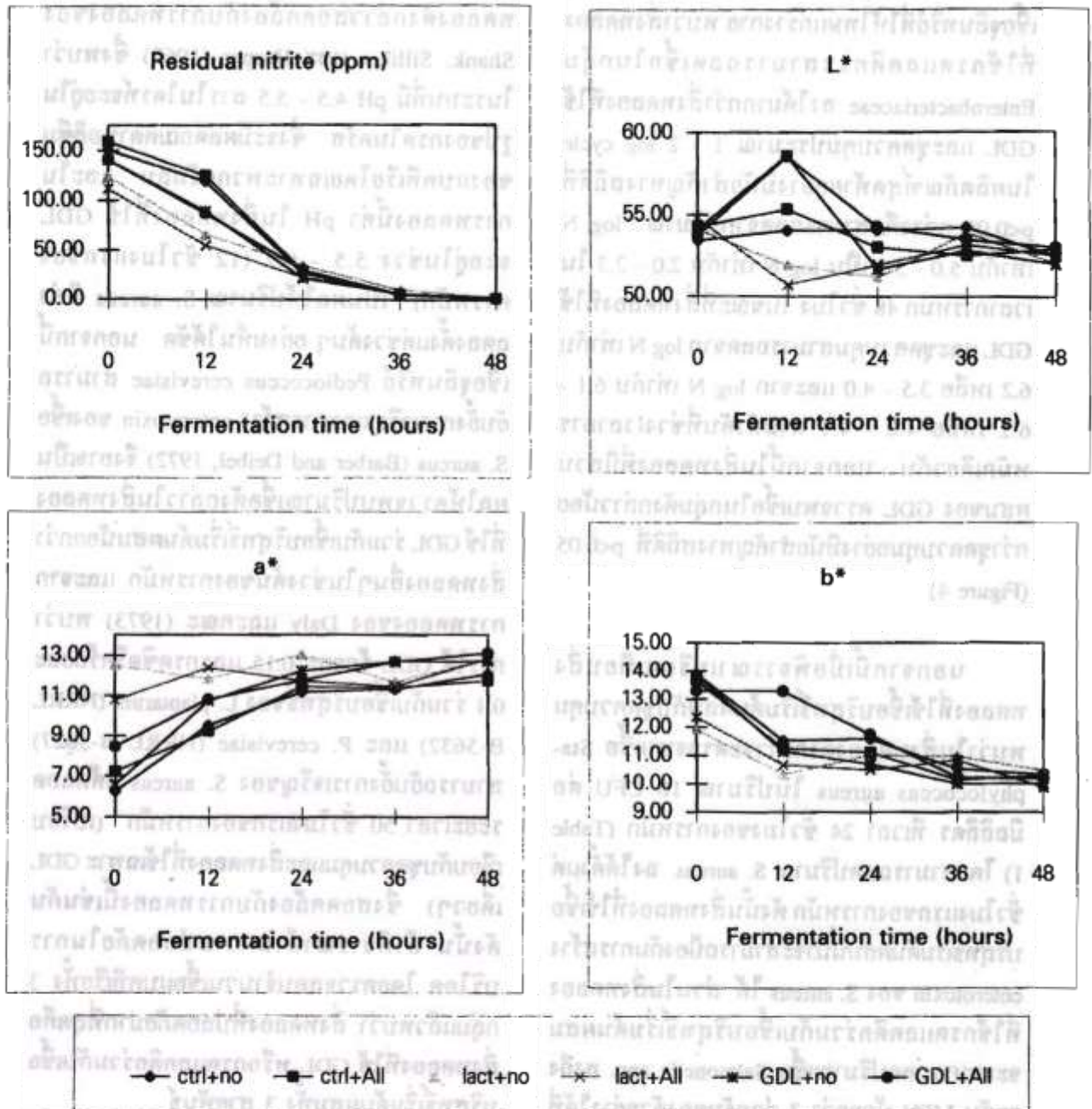


Fig. 3 Residual nitrite, L* a* b* values of Nham produced with chemical acidulant and starter cultures during 48 hours of fermentation (Ctrl=Control, Lact=Lactic acid 0.25%, GDL=Glucono-delta-lactone 0.25%, All=Starter cultures, No=No starter cultures).

ด้านความปลอดภัยในการบริโภคในแง่ปริมาณ เชื้อจุลินทรีย์ที่ให้โทษแก่ร่างกาย พบว่าสิ่งทดลองที่ใช้กรดแลกติกจะสามารถลดเชื้อในกลุ่ม Enterobacteriaceae ลงได้มากกว่าสิ่งทดลองที่ใช้ GDL และชุดควบคุมประมาณ 1 - 2 log cycle ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ กล่าวคือสามารถลดจากปริมาณ log N เท่ากับ 5.0 - 5.3 เป็น log N เท่ากับ 2.0 - 2.3 ในเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง ในขณะที่สิ่งทดลองที่ใช้ GDL และชุดควบคุมสามารถลดจาก log N เท่ากับ 6.2 เหลือ 3.5 - 4.0 และจาก log N เท่ากับ 6.1 - 6.2 เหลือ 4.0 - 4.1 ตามลำดับในช่วงเวลาการหมักเดียวกัน นอกจากนี้ในสิ่งทดลองที่มีส่วนผสมของ GDL ตรวจพบเชื้อในกลุ่มดังกล่าวน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ (Figure 4)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสิ่งทดลองที่ใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมกับชุดควบคุม พบว่าในสิ่งทดลองดังกล่าวจะตรวจพบเชื้อ *Staphylococcus aureus* ในปริมาณ 10 CFU ต่อ มิลลิลิตร ที่เวลา 24 ชั่วโมงของการหมัก (Table 1) โดยสามารถลดปริมาณ *S. aureus* ลงได้ตั้งแต่ ชั่วโมงแรกของการหมัก ดังนั้นสิ่งทดลองที่ใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมนี้ น่าจะสามารถป้องกันการสร้าง enterotoxin ของ *S. aureus* ได้ ส่วนในสิ่งทดลองที่ใช้กรดแลกติกร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม จะสามารถลดปริมาณเชื้อ *Salmonella* spp. ลงถึงระดับ MPN น้อยกว่า 3 ต่อกรัมของตัวอย่างได้

เวลา 24 ชั่วโมงของการหมัก (Table 2) ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของ Shank, Silliker และ Harper (1962) ซึ่งพบว่าในระบบที่มี pH 4.5 - 5.5 สารในโครโทจะอยู่ในรูปของกรดไนตริก ซึ่งจะมีผลต่อเมตาบอลิซึมของแบคทีเรียโดยเฉพาะพวกกรัมลบ และในการทดลองนี้ค่า pH ในสิ่งทดลองที่ใช้ GDL จะอยู่ในช่วง 5.5 - 6.2 (12 ชั่วโมงแรกของการหมัก) เป็นผลให้ปริมาณ *S. aureus* มีค่าลดลงตั้งแต่ช่วงต้นๆ อย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้เชื้อจุลินทรีย์ *Pediococcus cerevisiae* สามารถยับยั้งการเจริญและการสร้าง enterotoxin ของเชื้อ *S. aureus* (Barber and Deibel, 1972) จึงอาจเป็นผลให้ตรวจพบปริมาณเชื้อดังกล่าวในสิ่งทดลองที่ใช้ GDL ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมน้อยกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ ในช่วงต้นของการหมัก และจากการทดลองของ Daly และคณะ (1973) พบว่าการใช้ GDL ร้อยละ 0.15 และกรดซิตริกร้อยละ 0.1 ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์ของ *L. plantarum* (NRRL B-5632) และ *P. cerevisiae* (NRRL B-5627) สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ได้ตลอดระยะเวลา 50 ชั่วโมงแรกของการหมัก (เปรียบเทียบกับชุดควบคุมและสิ่งทดลองที่ใช้เฉพาะ GDL เดี่ยวๆ) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองนี้เช่นกัน ดังนั้น ถ้าพิจารณาด้านความปลอดภัยในการบริโภค โดยตรวจสอบจำนวนเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 กลุ่มแล้วพบว่า สิ่งทดลองที่ปลอดภัยมากที่สุดคือสิ่งทดลองที่ใช้ GDL หรือกรดแลกติกร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมทั้ง 3 สายพันธุ์

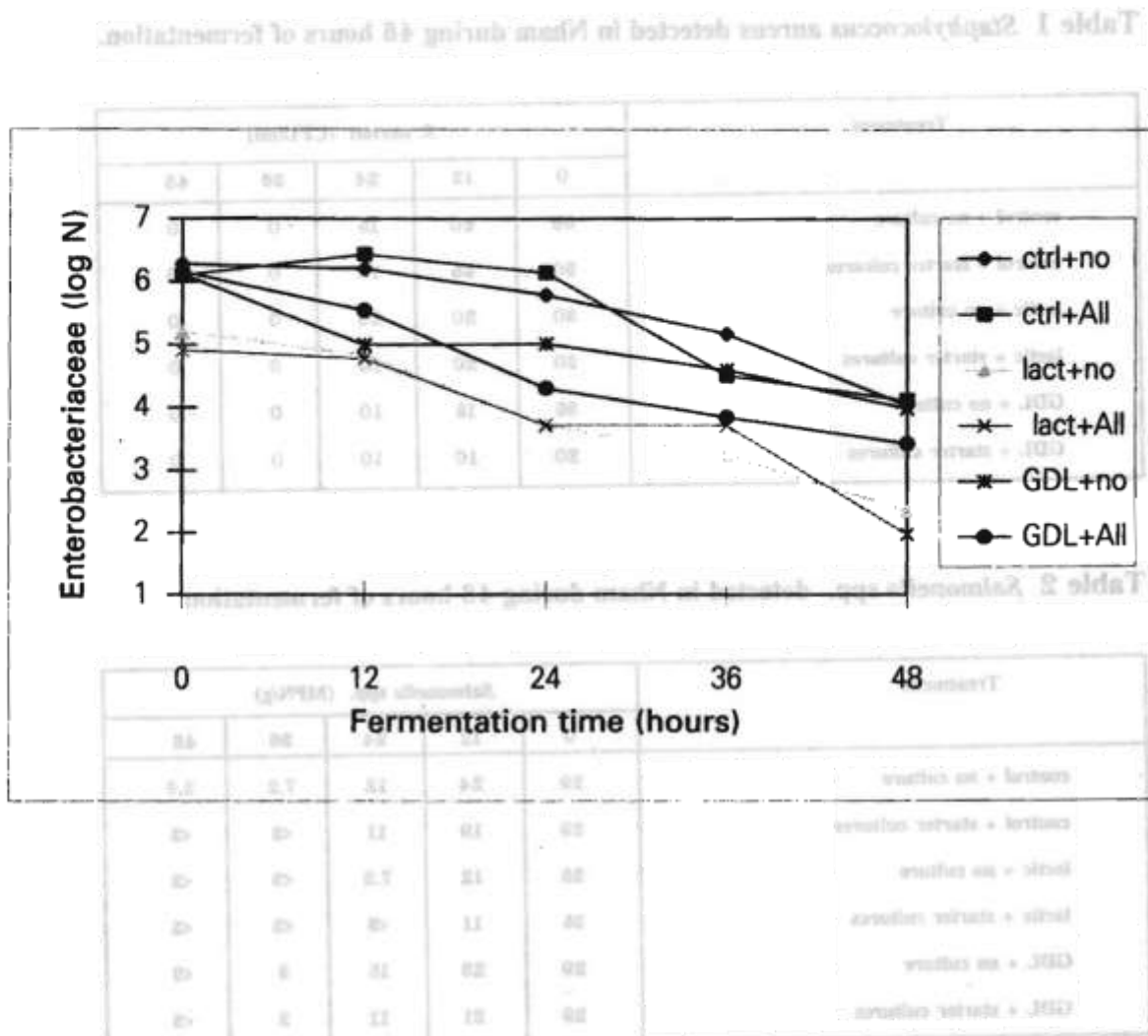


Fig. 4 Enterobacteriaceae in Nham produced with chemical acidulant and starter cultures during 48 hours of fermentation, (Ctrl=Control, Lact=Lactic acid 0.25%, GDL=Glucono-delta-lactone 0.25%, All=Starter cultures, No=No starter cultures).

Table 1 *Staphylococcus aureus* detected in Nham during 48 hours of fermentation.

Treatment	<i>S. aureus</i> (CFU/ml)				
	0	12	24	36	48
control + no culture	85	40	15	0	0
control + starter cultures	50	45	10	0	0
lactic + no culture	30	20	20	0	0
lactic + starter cultures	30	20	10	0	0
GDL + no culture	55	15	10	0	0
GDL + starter cultures	20	10	10	0	0

Table 2 *Salmonella* spp. detected in Nham during 48 hours of fermentation.

Treatment	<i>Salmonella</i> spp. (MPN/g)				
	0	12	24	36	48
control + no culture	29	24	12	7.2	3.6
control + starter cultures	29	19	11	<3	<3
lactic + no culture	28	12	7.2	<3	<3
lactic + starter cultures	35	11	<3	<3	<3
GDL + no culture	29	23	15	3	<3
GDL + starter cultures	29	21	11	3	<3

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้บริโภคนาน 20 คน (Semi-trained panelists) ให้คะแนนแบบ Descriptive analysis ชนิด Ideal ratio score ซึ่งผู้เข้าร่วมทดสอบจะเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แฮมที่ได้รับกับผลิตภัณฑ์แฮมในจินตนาการ (Ideal) และในการแปลความหมายจะให้ค่าที่ใกล้เคียง 1 เป็นค่าที่มีความเหมาะสมหรือใกล้เคียงกับลักษณะของผลิตภัณฑ์แฮมในจินตนาการ (Table 3) จากผลการทดสอบพบว่า

ผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างในด้านสี ความชุ่มน้ำ ความเปรี้ยว ตลอดจนการยอมรับรวมของทั้ง 6 สิ่งทดสอบออกจากกันได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ แต่พบความแตกต่างในด้านความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ โดยสิ่งทดสอบที่ใช้กรดแลคติกจะมีคะแนนต่ำกว่าในชุดควบคุม และสิ่งทดสอบที่ใช้ GDL นั้นคือจะมีความนุ่มมากกว่านั่นเอง นอกจากนี้ชุดควบคุมจะมีความแน่นเนื้อใกล้เคียงกับลักษณะผลิตภัณฑ์ในจินตนาการมาก

ที่สุด ซึ่งลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับค่า Compression force ดังอธิบายไว้ข้างต้นด้วย ส่วนในด้าน สีของผลิตภัณฑ์ซึ่งในแบบฟอร์มการให้คะแนนจะ กำหนดคะแนนน้อยเป็นสีแดงเข้มและคะแนนมาก เป็นสีชมพูอ่อน จากการทดลองพบว่าในทุกสิ่ง ทดลองจะให้สีชมพูที่อ่อนกว่าสีของผลิตภัณฑ์ใน จินตนาการ โดยชุดที่ใช้ GDL จะให้ค่าสีที่ใกล้เคียงกับค่าในจินตนาการมากที่สุด สำหรับความ หุ่นน้ำและความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์พบว่าในทุก

สิ่งทดลองมีค่าอยู่ในช่วง $0.89 + 0.28$ ถึง $0.95 + 0.24$ และ $0.87 + 0.21$ ถึง $0.92 + 0.18$ ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่าในจินตนาการเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการทดลองต่อไปคือ สี และความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาการ ยอมรับรวมในผลิตภัณฑ์หมักของผู้บริโภคพบว่า สิ่งทดลองที่ใช้กรดแลคติกมีค่าการยอมรับต่ำที่สุด แต่ทั้งนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($p > 0.05$)

Table 3 Mean ideal ratio score of Nham at 48 hours of fermentation.

Treatment	Mean+ standard deviation				
	0	12	24	36	48
control + no culture	1.35±0.24	0.84±0.16 ^a	0.19±0.18	0.889±0.12	0.73±0.16
control + starter cultures	1.25±0.25	0.80±0.23 ^{ac}	0.93±0.21	0.92±0.18	0.72±0.19
lactic + no culture	1.25±0.22	0.69±0.18 ^d	0.89±0.28	0.90±0.19	0.63±0.18
lactic + starter cultures	1.19±0.24	0.73±0.18 ^{bcd}	0.95±0.24	0.91±0.20	0.66±0.19
GDL + no culture	1.20±0.25	0.72±0.22 ^{bcd}	0.90±0.18	0.90±0.16	0.69±0.15
GDL + starter cultures	1.18±0.21	0.82±0.16 ^{ab}	0.94±0.15	0.87±0.21	0.76±0.19

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

สรุปผลการทดลอง

ในการผลิตผลิตภัณฑ์หมักเพื่อให้มีความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโทษแก่ร่างกายทางหนึ่งคือ การนำสารเคมีที่ให้ความเป็นกรด ซึ่งในที่นี้คือ กรดโคโนแคลแลคโตน (GDL) หรือกรดแลคติกในปริมาณร้อยละ 0.25 มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมของ *Lactobacillus plantarum* (NHI 1100), *Pediococcus cerevisiae* (NZ DRI) และ *Micrococcus varians* (ATCC 15306) ซึ่งพบว่าผู้บริโภคไม่

สามารถแยกความแตกต่างหรือการเปลี่ยนแปลงของ สูตรการผลิตที่ใช้ GDL ได้อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ $p > 0.05$ ในขณะที่สามารถรับรู้ความแตกต่าง ในสูตรการผลิตที่ใช้กรดแลคติกในด้านลักษณะ เนื้อสัมผัส ซึ่งพบว่ามีความนุ่มมากกว่าในสูตรการ ผลิตอื่นๆ ทั้งนี้สอดคล้องกับค่า Compression force ที่ต่ำด้วย นอกจากนี้การใช้ GDL ในสูตรการผลิต สามารถลดปริมาณ *Staphylococcus aureus* ลงได้อย่างรวดเร็วจนตรวจไม่พบในช่วงเวลาหมักที่ 36 สำหรับในผลิตภัณฑ์สุดท้ายตรวจพบปริมาณ เชื้อ *Salmonella* spp. ที่ MPN น้อยกว่า 3 ใน

อาหารเลี้ยงเชื้อ 1 กรัม ตรวจพบปริมาณเชื้อในกลุ่ม Enterobacteriaceae ประมาณ Log N เท่ากับ 3 ซึ่งน้อยกว่าในชุดควบคุมประมาณ 1 Log cycle ส่วนการใช้กรดแลกติกครว่กับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมข้างต้นนั้น พบว่าสามารถเพิ่มความปลอดภัยในการบริโภคได้เช่นกันโดยช่วยลดปริมาณ *S. aureus* ลงจนตรวจไม่พบในช่วงเวลาการหมักที่ 36 ตรวจพบปริมาณเชื้อ *Salmonella* spp. ที่ MPN น้อยกว่า 3 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ 1 กรัม เมื่อการหมักผ่านไป 24 ชั่วโมง และตรวจพบปริมาณเชื้อในกลุ่ม Enterobacteriaceae ประมาณ Log N เท่ากับ 2 อย่างไรก็ตามในทุกสิ่งทดลองตรวจพบสารไนโตรที่ที่เหลือ (Residual nitrite) เพียง 3 - 4 ppm เท่านั้น ซึ่งต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้มาก หากแต่สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีชมพูค่อนข้างซีด ดังนั้น ในการพัฒนาสูตรการผลิตครั้งต่อไปควรให้ความสำคัญในเรื่องสีของผลิตภัณฑ์แทนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะในจินตนาการของผู้บริโภคมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดมีผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อมากกว่าการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม สำหรับการศึกษาในครั้งนี้สิ่งทดลองที่ใช้ GDL ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นทั้ง 3 ชนิด จะให้คุณภาพของเนื้อมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติที่ได้สนับสนุนงานวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- ไพโรจน์ วิริยาริ, ลักษณะ รุจนไกรกานต์ และ อำพัน กันธิยะ. 2536. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แฮม โดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 1. แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมต่อการผลิตแฮม. วารสารเกษตร. 9:51.
- สุทธา บุญดอนม 2537. การใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดและหัวเชื้อผสมในผลิตภัณฑ์แฮม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อดิสร เสวตวิวัฒน์. 2533. ผลของการใช้เกลือแบคทีเรียแลกติกต่อซาลโมเนลลาในการหมักแฮม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. (13rd ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Bacus, J. N. 1984. Utilization of Microorganisms in Meat Processing. Research Studies Press, Ltd., England.
- Barber, L. E., and Deibel, R. H. 1972. Effect of pH and oxygen tension on staphylococci growth and enterotoxin formation in fermented sausage. Appl. Microbiol. 25:891.
- 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.
- Klettner, P. G., and Baumgartner, P. A. 1980. The technology of raw dry sausage manufacture. Food Technol. in Australia, 32:380.
- Kiss, I. 1984. Testing Methods in Food Microbiology. Elsevier, Amsterdam-Oxford.

- Kotter, L. Palitzsch, A. and Geiger, G. 1969. The use of glucono-delta-lactone in the manufacture of sausage products. *FSTA*. 1:78.
- Maijala, R. L., Eerola, S. H., Aho, M.A., and Hirn, J. A. 1993. The effect of GDL-induced pH decrease on the formation of biogenic amines in meat. *J. Food Prot.* 56:125.
- Riemann, H., Lee, W. H., and Genigeorgis, C. 1972. Control of *Clostridium botulinum* and *Staphylococcus aureus* in semi-preserved meat products. *J. Milk Food Technol.* 35:514.
- Shank, J. L., Silliker, J.H., and Harper, R. H. 1962. The effect of nitric oxide on bacteria. *Appl. Microbiol.* 10:185.
- Walonic, D. S. 1987. Stat-Packets. Walonick Associates Inc., Minneapolis, MN.
- Wiryacharee, P. 1990. The systemetic development of a controlled fermentation process using mixed bacterial starter cultures for Nham, a Thai semi-dry sausage. In Doctoral dissertation, Massey University.

Effect of Sodium Nitrate and Sodium Nitrite on

Nham Quality Produced with Glucono-Delta-Lactone

and Mixed Starter Cultures

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดร่วมกับเชื้อบิวรีเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์เนม

โดยเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์เนมที่ทำด้วยสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดร่วมกับเชื้อบิวรีเริ่มต้นกับผลิตภัณฑ์เนมที่ทำด้วยสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดร่วมกับเชื้อบิวรีเริ่มต้นและเชื้อบิวรีเริ่มต้นเพียงอย่างเดียว

Abstract: For Nham quality, it is important to realize its physical, chemical and microbiological properties in the final product. As a result, consumers accept not only its texture, taste, color but also their safety. Sodium nitrate and sodium nitrite may affect these characteristics. In this study, sodium nitrate (200-500 ppm) and sodium nitrite (100-500 ppm) were mixed together with glucono-delta-lactone (0.25%) and mixed starter cultures of *Lactobacillus plantarum* (NHE 1100), *Propionis cerevisiae* (NE DRI) and *Micrococcus varians* (ATCC 12205) incubated at 20 °C for 48 hours. It was found that in the level of 200 and 300 ppm of sodium nitrate and sodium nitrite respectively, affect quantity of *Escherichia coli* that found only for $H = 3.30$ ($p < 0.05$) including *Staphylococcus aureus*.

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดร่วมกับเชื้อบิวรีเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์เนม โดยเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์เนมที่ทำด้วยสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดร่วมกับเชื้อบิวรีเริ่มต้นกับผลิตภัณฑ์เนมที่ทำด้วยสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดร่วมกับเชื้อบิวรีเริ่มต้นและเชื้อบิวรีเริ่มต้นเพียงอย่างเดียว

ผลของโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพเนรม
ที่ผลิตโดยใช้ Glucono-delta-lactone ร่วมกับ
เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม

Effect of Sodium Nitrate and Sodium Nitrite on
Nham Quality Produced with Glucono-Delta-Lactone
and Mixed Starter Cultures

สุทธา บุญธนาม^{1/} ไพโรจน์ วิริยจารี^{2/} และ นินนาท ชินประหัต^{3/}

Suthaya Boonthanom^{1/}, Pairote Wiriya-
charee^{2/}, and Ninnart Chinprahast^{3/}

Abstract : For Nham quality, it is important to realize in physical, chemical and microbiological properties of the final product. As a result, consumers accept not only its texture, taste, color but also their safety. Sodium nitrate and sodium nitrite may affect those characteristics. In this study, sodium nitrate (200-500 ppm) and sodium nitrite (100-200 ppm) were mixed together with glucono-delta-lactone (0.25%) and mixed starter cultures of *Lactobacillus plantarum* (NHI 1100), *Pediococcus cerevisiae* (NZ DRI) and *Micrococcus varians* (ATCC 15306) incubated at 30 °C for 48 hours. It was found that in the level of 500 and 200 ppm of sodium nitrate and sodium nitrite respectively, affect quantity of Enterobacteriaceae that found only log N = 3.39 ($p < 0.05$) including *Staphylococcus*

^{1/} ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

^{2/} Food Technology Department, Faculty of Agro-Industry, Maejo Institute of Agricultural Technology, Chiangmai 50290.

^{3/} ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{2/} Product Development Technology Department, Faculty of Agro-Industry, Chiangmai University, Chiangmai 50200.

^{3/} ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

^{3/} Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330.

aureus and Salmonella spp. In the other hand, those treatments have no effect to color, residual nitrate, residual nitrite, pH and acidity of the final product ($p>0.05$)

บทคัดย่อ : คุณภาพของแฮมทั้งทางด้านฟิสิกส์ เคมี และจุลชีววิทยา เป็นสิ่งจำเป็นที่ควรระวังในการผลิต ซึ่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ควรมีลักษณะปรากฏเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อาทิ สี ตลอดจนลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ รวมไปถึงความปลอดภัยในการบริโภค ปัจจัยหนึ่งที่น่าจะมีผลกระทบต่อคุณภาพดังกล่าวคือ ปริมาณโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ ซึ่งจากการศึกษาโซเดียมไนเตรท (200-500 ppm) และโซเดียมไนไตรท์ (100-200 ppm) ถูกใช้ร่วมกับกลูโคโนเดลตาแลคโตน (0.25%) และเชื้อบริสุทธ์เริ่มต้นผสมของ *Lactobacillus plantarum* (NHI 1100), *Pediococcus cerevisiae* (NZ DRI) และ *Micrococcus varians* (ATCC 15306) ที่ผ่านการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าสิ่งทดลองที่มีโซเดียมไนเตรท 500 ppm และโซเดียมไนไตรท์ 200 ppm มีผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่ม Enterobacteriaceae อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ โดยตรวจพบเชื้อในกลุ่มดังกล่าว Log N เท่ากับ 3.39 ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย รวมถึงปริมาณ *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. แต่ทั้งนี้ลักษณะปรากฏในด้านสี ปริมาณสารไนเตรท ปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลือลดจนค่าความเป็นกรดต่างของผลิตภัณฑ์สุดท้ายในแต่ละสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p>0.05$

Index words : แฮม, โซเดียมไนเตรท, โซเดียมไนไตรท์, กลูโคโนเดลตาแลคโตน, เชื้อบริสุทธ์เริ่มต้น,
Nham, Sodium nitrate, Sodium nitrite, Glucono-Delta-Lactone, Starter culture

บทนำ

แฮมเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่มีสีชมพูแดง ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่มักใช้สีของผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจซื้อ สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงเวลาการหมักที่เพียงพอ ตลอดจนการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้ด้วย โดยในการเกิดสีชมพูแดงดังกล่าวนี้จะเนื่องมาจากไมโอโกลบิน (Myoglobin) ซึ่งเป็นเม็ดสีในเนื้อสุกรถูกออกซิไดซ์เป็นเมทไมโอโกลบิน (Metmyoglobin) ขณะเดียวกันสารไนเตรทที่เป็นสารเคมีชนิดหนึ่งในส่วนผสมจะถูกรีดิวซ์เป็นสารไนไตรท์โดยการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มแลคติกแอซิดแบคทีเรียจะมีผลให้สารไนไตรท์ดังกล่าวเปลี่ยนเป็นไนไตรคออกไซด์ สารที่เกิดขึ้นนี้สามารถรวมตัวกับเมทไมโอโกลบินได้สีแดงของไนโตรโซไมโอโกลบิน (Nitrosomyoglobin) ขึ้นและไนโตรโซไมโอโกลบินนี้สามารถเปลี่ยนเป็นเมทไมโอโกลบินได้อีกครั้งหนึ่งใน

สภาพที่มีออกซิเจน ทำให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้ (Klettner and Baumgartner, 1980)

สำหรับการใช้สารไนเตรทในผลิตภัณฑ์แฮมเพียงชนิดเดียวนั้น มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์แต่อาจไม่แน่นอนขึ้นกับปริมาณ Denitrifying micrococci ในการเปลี่ยนสารไนเตรทให้เป็นสารไนไตรท์ ซึ่งถ้าในระบบมีสภาพความเป็นกรดเร็วเกินไปอาจกระทบการทำงานของเชื้อในกลุ่มดังกล่าวได้ (Nurmi, 1966) เป็นผลให้ในผลิตภัณฑ์ยังคงมีปริมาณสารไนเตรทหลงเหลืออยู่ในปริมาณมากซึ่งสามารถเป็นสารก่อมะเร็งอย่างหนึ่งแก่ผู้บริโภคได้ ดังนั้นในการศึกษาทดลองของไพโรจน์ วิริยาริและคณะ (2536) จึงใช้ทั้งสารไนเตรทและสารไนไตรท์ร่วมกันกับเชื้อบริสุทธ์เริ่มต้นของ *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus cerevisiae* และ *Micrococcus varians* ในการพัฒนาสีของผลิตภัณฑ์แฮมซึ่งพบว่าสารไนไตรท์มี

บทบาทสำคัญต่อการพัฒนาและทำให้มีความคงตัวในช่วงต้นของการหมัก ก่อนที่ระบบจะมีสภาพความเป็นกรดที่ต่ำเกินไป ดังนั้น การใช้สารไนไตรท์จะช่วยให้การพัฒนาศักยภาพของผลิตภัณฑ์ประกอบกับตัวในระบบมีสภาพความเป็นกรดจะยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพในการเกิดสีชมพูแดงได้เร็วยิ่งขึ้น ได้มีการทดลองของ Varga ในปี 1973 พบว่าการใช้สารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดชนิดหนึ่งคือ GDL (Glucono-delta-lactone) ในเนื้อสุกรดิบจะช่วยลดค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ลงเหลือ 3.30-3.45 ภายในระยะเวลา 12 ชั่วโมง และการใช้ GDL ในผลิตภัณฑ์เนื้อจะช่วยลดปริมาณสารไนเตรทและสารไนไตรท์ที่เหลือในผลิตภัณฑ์ให้น้อยลงได้ (Wenderdel, 1980) และตรวจไม่พบสารทั้งสองดังกล่าวเลย ถ้าในระบบใช้ GDL ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก (Mathey, 1980) อย่างไรก็ตามในการนำสารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดดังกล่าวมาใช้ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมพบว่า GDL ในปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 0.25 จะให้ผลกระทบบต่อเชื้อบริสุทธิ์แต่ละชนิดน้อยที่สุดเมื่อทดลองศึกษาในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมกับเชื้อนั้นๆ (Model system) และเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์แฮมพบว่าการใช้ GDL ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการบริโภคโดยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ได้แก่ *Staphylococcus aureus* และเชื้อในกลุ่ม *Enterobacteriaceae* ลงได้มากกว่าชุดควบคุมอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ (สุรยา, 2537)

สำหรับในการทดลองต่อไปนี้จะศึกษาเกี่ยวกับปริมาณสารไนเตรทและสารไนไตรท์ที่เหมาะสมกับการพัฒนาศักยภาพของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ GDL และเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมในการผลิตโดยจะวัดสีของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นตลอดจนค่าความ

เป็นกรดต่าง (pH) ร้อยละความเป็นกรดคิดเทียบกรดแลกติก ปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลือ (Residual nitrite) ปริมาณสารไนเตรท และการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อในกลุ่ม *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. ที่เวลา 0, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมเชื้อบริสุทธิ์

เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cereviceae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS จำนวน 50 มิลลิลิตร โดยบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเพาะเลี้ยงเชื้อ *Micrococcus varians* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI (Brain Heart Infusion) จำนวน 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิการบ่มเดียวกันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

สูตรพื้นฐานการทำแฮม (ไพโรจน์, ถักขมา และอำพัน, 2536)

ส่วนผสม	ร้อยละ
ส่วนของเนื้อ : เนื้อแดงสุกร (ส่วนสะโพก)	60
หนังสุกร	40
	ร้อยละส่วนของเนื้อ
สารเคมี : โซเดียมคลอไรด์	2.0
โซเดียมไตรโพลฟอสเฟต	0.3
โซเดียมอีริธโรเบท	0.05
โซเดียมไนเตรท	ปัจจัยที่ศึกษา
โซเดียมไนไตรท์	ปัจจัยที่ศึกษา
สารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรด :	
GDL	0.25

เครื่องปรุง :	กระเทียมปอกเปลือกและ	4.0
	บดละเอียด	
	ข้าวสุกบดละเอียด	3.0
	ข้าวเหนียวนึ่งสุกบดละเอียด	1.0
	พริกขี้หนูบดละเอียด	1.0
	เกลือ	0.5
	พริกไทยป่น	0.05
	ผงชูรส	0.2
เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น	CFU/g ส่วนของเนื้อ	
	<i>M. varians</i>	10^3
	<i>L. plantarum</i>	10^3
	<i>P. cerevisiae</i>	10^6

การเตรียมวัตถุดิบ

นำเนื้อแดงของสุกรที่ได้จากบริษัทจงเจริญ ฟาร์มมาและเอามันและพังผืดออกแล้วล้างทิ้งให้ สะเด็ดน้ำ เช็ดด้วยผ้าสะอาดแล้วผ่านเครื่องบด อย่างหยาบ (ขนาดรูเปิด 0.5 มิลลิเมตร) เก็บไว้ที่ อุณหภูมิต่ำ (ประมาณ 4 องศาเซลเซียส) ส่วนหนึ่ง สุกรให้ล้างด้วยน้ำสะอาด ลวกในน้ำเดือดประมาณ 2 นาที ทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ แล้ว หั่นให้เป็นเส้นยาวประมาณ 10 เซนติเมตร สำหรับ ข้าวเหนียวนึ่งสุกให้ล้างเมือกออกก่อนด้วยน้ำ สะอาด ทิ้งให้สะเด็ดน้ำแล้วบดให้ละเอียด ส่วน ผสมทุกอย่างยกเว้นของแห้งให้เก็บที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อรอขั้นตอนการผสม

การผสม

นำส่วนของเนื้อ สารเคมี สารเคมีที่ให้ความ เป็นกรด และเครื่องปรุง ผสมเข้าด้วยกันในเครื่อง ผสม โดยใช้ใบพัดรูปตัว K ที่ความเร็ว 50 รอบต่อ นาที (speed 1) เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นปรับ

ผลของโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพแฮมที่ ผิดโดยใช้ Glucono-delta-lactone ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

เป็นความเร็วที่ 70 รอบต่อนาที (speed 2) เป็นเวลา 1 นาที แล้วเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นทั้ง 3 สายพันธุ์ ผสมที่ speed 2 อีก 1 นาที บรรจุส่วนผสมใน หลอดพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ให้มีน้ำหนัก 100 กรัมต่อแท่งด้วย เครื่องอัด (stuffer) ปิดหัวท้ายหลอดด้วยเครื่อง polyclip นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial Design (CRD) โดยมีสารประกอบโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์เป็นปัจจัยหลักในการศึกษา ดังนี้

ปัจจัย A = โซเดียมไนเตรท (Sodium nitrate; NaNO_3)

a_1 = 500 ppm (ระดับสูง)

a_2 = 200 ppm (ระดับต่ำ)

ปัจจัย B = โซเดียมไนไตรท์ (Sodium nitrite ; NaNO_2)

b_1 = 200 ppm (ระดับสูง)

b_2 = 100 ppm (ระดับต่ำ)

ดังนั้นการทดลองนี้จึงประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง (Table 1) และประกอบด้วยสิ่งทดลอง ณ ระดับ กึ่งกลางของแต่ละปัจจัยอีก 2 สิ่งทดลอง รวมเป็น 6 สิ่งทดลอง

ติดตามการเปลี่ยนแปลงโดยวัดค่าความ เป็นกรดต่าง (pH) (AOAC, 1984) ความเป็นกรด ทั้งหมด กิตเทียบกรดแลคติก (AOAC, 1984) ปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลือ (Residual nitrite) โดย Colorimetric method (AOAC, 1984) ปริมาณสาร ไนเตรท โดย Hydrazine reduction method (ประยุกต์จากวิธีของ Kamphake, Hannah and

Cohen, 1967) สีของผลิตภัณฑ์โดยเครื่องวัดสี Chromameter รุ่น CR-310 ของบริษัท Minolta Camera Co., Ltd. ปี ค.ศ. 1991 ปริมาณจุลินทรีย์พวก Enterobacteriaceae (Kiss, 1984) *Staphylococcus aureus* (Kiss, 1984) และปริมาณ *Salmonella* spp. (AOAC, 1984 ; อติสร, 2533) โดยสุ่มตัวอย่างที่เวลาการหมัก 0, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ ผลที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปของ Walonick (1987)

Table 1 2^2 Factorial design and 2 center-points with sodium nitrate and sodium nitrite as main factors at 3 different levels.

Treatment	Factors for study	
	NaNO ₃ (ppm)	NaNO ₂ (ppm)
+	500	200
0	350	150
-	200	100
(1)	-	-
a	+	-
b	-	+
ab	+	+
cp1	0	0
cp2	0	0

(1) = Control

a = Sodium nitrate

b = Sodium nitrite

cp1, cp2 = centerpoint

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองผลิตแฮมโดยใช้สารเคมีที่ทำให้ความเป็นกรดซึ่งในที่นี้คือ GDL ปริมาณร้อยละ 0.25 ร่วมกับเชื้อบริสุทธิเริ่มต้นผสมที่มีการผันแปรปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ พบว่า ปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ที่ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่าง (pH) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ กล่าวคือ pH เริ่มต้นของทุกสิ่งทดลองจะมีค่าประมาณ 6.3 และลดลงเป็น 4.7 เมื่อเวลาการหมักผ่านไป 24 ชั่วโมง จากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากไปจนถึงสิ้นสุดเวลาการหมัก นั่นอาจเป็นเพราะระบบบัฟเฟอร์ที่มีในผลิตภัณฑ์ (Bacus, 1984) ทำนองเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกซึ่งพบว่าในแต่ละสิ่งทดลองมีค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ ที่เวลา 48 ชั่วโมงของการหมัก (Fig. 1) เช่นกันคือมีค่าในช่วง 0.80 ± 0.01 ถึง 0.85 ± 0.02 ผลการทดลองดังกล่าวสามารถเขียนเป็นสมการสหสัมพันธ์ (Coded regression equation) ได้ดังนี้

$$\text{pH} = 5.8900 - 0.0355(\text{Time})$$

$$R^2 = 0.7943$$

$$\% \text{ Acidity as lactic acid} = 0.2837 + 0.0121 (\text{Time})$$

$$R^2 = 0.9309$$

นั่นคือค่าความเป็นกรดต่างและค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกนั้นขึ้นอยู่กับเวลาการหมักเมื่อเพิ่มเวลาให้มากขึ้นค่าความเป็นกรดต่างจะลดลง ขณะเดียวกันก็มีการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดทั้งหมดและจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่า pH ในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมัก พบว่ามีค่า

ผลของโซเดียมไนเตรตและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพหนมที่ผลิตโดยใช้ Glucono-delta-lactone ร่วมกับเชื้อยีสต์เริ่มต้น

ไม่ต่างกัน เมื่อมีการใช้โซเดียมไนเตรต 200 ppm หรือ 500 ppm หรือเมื่อมีการใช้โซเดียมไนเตรต 100 ppm หรือ 200 ppm ตามลำดับ (Table 2) สำหรับการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แห้งหมดเวลาการหมัก

48 ชั่วโมงพบว่ามีค่าร้อยละ 0.58 ± 0.21 และ 0.60 ± 0.23 เมื่อมีการใช้โซเดียมไนเตรต 200 และ 500 ppm ตามลำดับ และมีค่า 0.59 ± 0.24 และ 0.59 ± 0.20 เมื่อมีการใช้โซเดียมไนไตรท์ 100 และ 200 ppm ตามลำดับ

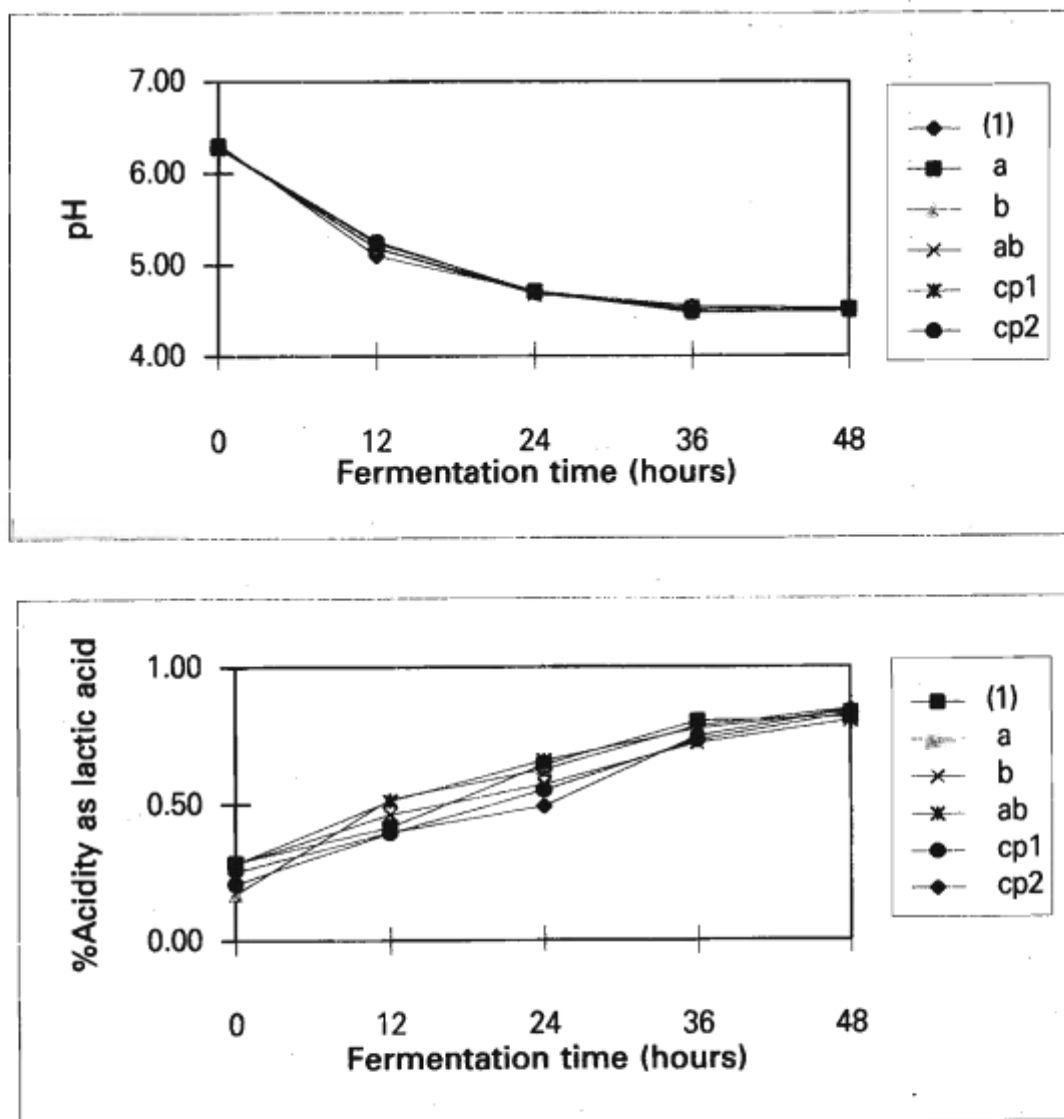


Fig. 1 Chemical changes (pH and acidity as lactic acid) for Nham produced with different level of sodium nitrate and sodium nitrite during 48 hours of fermentation.

Table 2 pH and acidity as lactic acid (mean) during 48 hours of Nham fermentation produced with GDL, starter cultures and different level of sodium nitrate and sodium nitrite.

Factors for study	mean + standard deviation	
	pH	Total acidity as lactic acid (%)
Sodium nitrate : 200 ppm	5.04+0.71	0.58+0.21
500 ppm	5.04+0.71	0.60+0.23
Sodium nitrite : 100 ppm	5.04+0.71	0.59+0.24
200 ppm	5.04+0.71	0.59+0.20

จากการวัดสีผลิตภัณฑ์หมักด้วยเครื่องวัดสี Chroma meter CR-310 พบว่าค่า L* หรือค่า Value ซึ่งบ่งชี้ถึงความเข้ม-อ่อนของสี จะขึ้นกับปริมาณโซเดียมไนเตรทและความสัมพันธ์ระหว่างโซเดียมไนเตรทและไนไตรท์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ เมื่อมีเวลาการหมักผ่านไป 12 ชั่วโมง ดังแสดงในสมการสหสัมพันธ์ (Coded regression equation) ดังนี้

$$L^* (12 \text{ hours}) = 61.6063 - 0.6169 (\text{NaNO}_3) - 0.8531 (\text{NaNO}_3 \times \text{NaNO}_2) \\ R^2 = 0.8505$$

จนที่เวลาสุดท้ายของการหมัก ยังคงพบว่าค่า L* ขึ้นกับปริมาณโซเดียมไนเตรท และความสัมพันธ์ระหว่างโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ ดังแสดงในสมการสหสัมพันธ์ (Coded regression equation) ดังนี้

$$L^* (48 \text{ hours}) = 56.5688 - 0.2706 (\text{NaNO}_3) - 0.5194 (\text{NaNO}_3 \times \text{NaNO}_2) \\ R^2 = 0.8701$$

อย่างไรก็ตามค่าของ L* ที่ชั่วโมงเริ่มต้นของการหมักจะมีค่าอยู่ในช่วง 54.40 - 56.59 นั่นคือผลิตภัณฑ์จะมีสีค่อนข้างเข้มต่อมาจะมีสีที่อ่อนลงในชั่วโมงที่ 12 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 59.80 - 62.78 และจะเข้มข้นอีกครั้งหนึ่งจนในผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าเท่ากับ 55.57 - 57.22 (Fig. 2) โดยในสิ่งทดลองที่ใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรทระดับสูง 500 ppm (สิ่งทดลองที่ 2) สิ่งทดลองที่ใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรทระดับสูง 500 ppm ร่วมกับการใช้ปริมาณโซเดียมไนไตรท์ในระดับสูง (สิ่งทดลองที่ 4) จะมีค่า L* ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในชั่วโมงแรกของการหมัก แต่เมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง พบว่าสิ่งทดลองที่ใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรทและไนไตรท์ในระดับต่ำจะมีสีค่อนข้างอ่อนกว่าสิ่งทดลองอื่นโดยมีค่า L* มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลของโซเดียมไนเตรตและโซเดียมไนไตรต์ต่อคุณภาพหนามที่หมักโดย *Glucono-delta-lactone* ร่วมกับเชื้อ *วักคินัส* เริ่มต้น

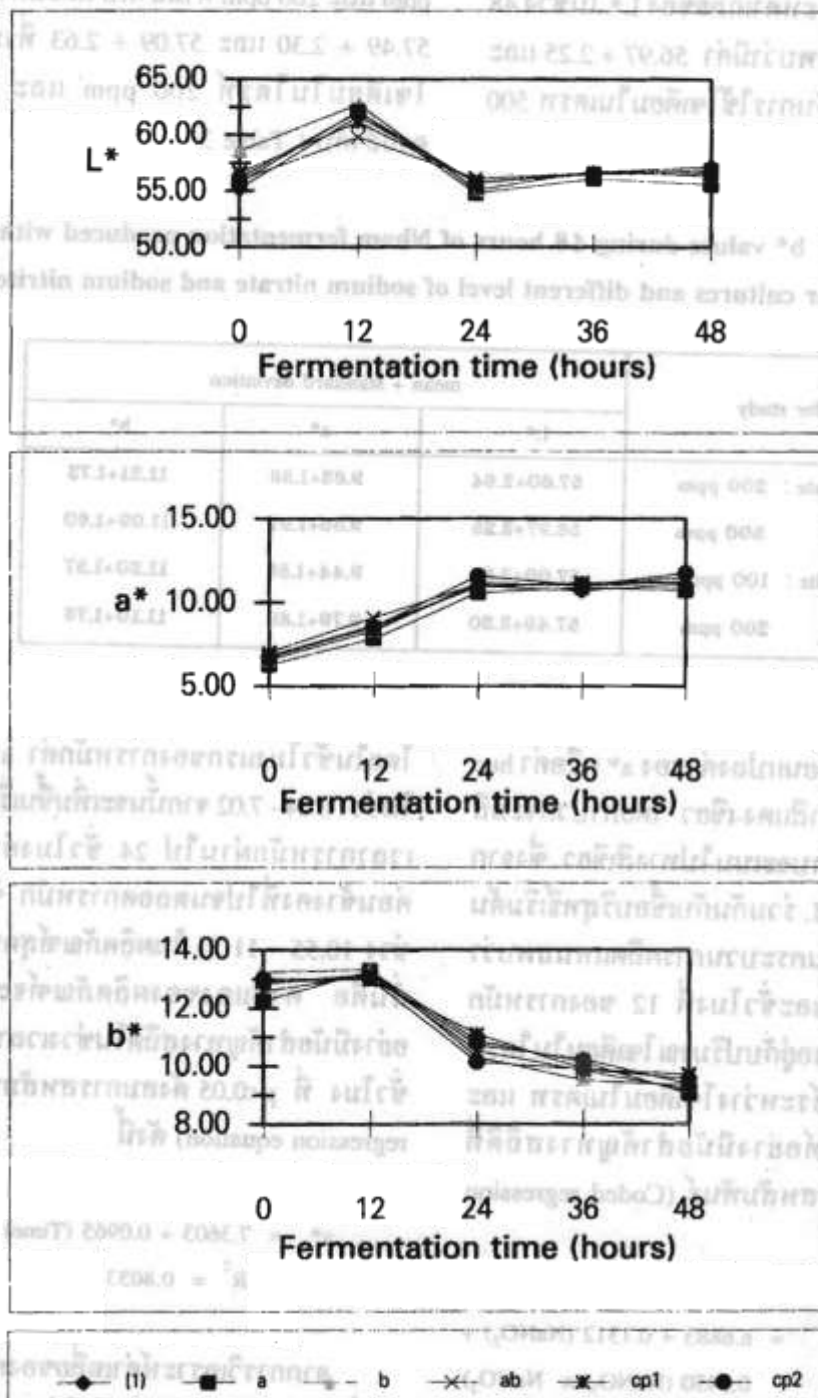


Fig. 2 Physical changes (L^* a^* b^*) for Nham produced with different level of sodium nitrate and sodium nitrite during 48 hours of fermentation.

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของ L^* ในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมักพบว่า มีค่า 56.97 ± 2.25 และ 57.60 ± 2.64 ที่ระดับการใช้โซเดียมไนเตรท 500

ppm และ 200 ppm ตามลำดับ และมีค่า L^* เท่ากับ 57.49 ± 2.30 และ 57.09 ± 2.63 ที่ระดับการใช้โซเดียมไนไตรท์ 200 ppm และ 100 ppm ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 L^* a^* b^* values during 48 hours of Nham fermentation produced with GDL, starter cultures and different level of sodium nitrate and sodium nitrite

Factors for study	mean + standard deviation		
	L^*	a^*	b^*
Sodium nitrate : 200 ppm	57.60 ± 2.64	9.63 ± 1.88	11.21 ± 1.73
500 ppm	56.97 ± 2.25	9.59 ± 1.91	11.09 ± 1.60
Sodium nitrite : 100 ppm	57.09 ± 2.63	9.44 ± 1.88	11.20 ± 1.57
200 ppm	57.49 ± 2.30	9.79 ± 1.89	11.10 ± 1.76

ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าของ a^* หรือค่า hue ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ถึงค่าสีแดง-เขียว โดยค่าบวกจะมีสีออกสีแดงและค่าลบจะเบนไปทางสีเขียว ซึ่งจากการทดลองใช้ GDL ร่วมกันกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมทั้ง 3 ชนิด ในกระบวนการผลิตเหนมพบว่า ในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการหมักค่า a^* จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเมื่อเวลาการหมักผ่านไป 24 ชั่วโมงค่าดังกล่าวจะค่อนข้างคงที่ไปจนตลอดการหมัก ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 9.55 - 11.73 ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Fig. 2) นั่นคือ ค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง ที่ $p < 0.05$ ดังสมการสหสัมพันธ์ (Coded regression equation) ดังนี้

$$a^* (0 \text{ hour}) = 6.6883 + 0.1312 (\text{NaNO}_2) + 0.2450 (\text{NaNO}_3 \times \text{NaNO}_2) \\ R^2 = 0.9678$$

$$a^* (12 \text{ hours}) = 8.4708 + 0.2381 (\text{NaNO}_2) + 0.3944 (\text{NaNO}_3 \times \text{NaNO}_2) \\ R^2 = 0.9909$$

โดยในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการหมักค่า a^* จะมีค่าอยู่ในช่วง 6.24 - 7.02 จากนั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเมื่อเวลาการหมักผ่านไป 24 ชั่วโมงค่าดังกล่าวจะค่อนข้างคงที่ไปจนตลอดการหมัก ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 10.55 - 11.73 ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Fig. 2) นั่นคือ ค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง ที่ $p < 0.05$ ดังสมการสหสัมพันธ์ (Coded regression equation) ดังนี้

$$a^* = 7.3603 + 0.0965 (\text{Time}) \\ R^2 = 0.8033$$

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่า a^* ในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมักพบว่า มีค่า 9.59 ± 1.91 และ 9.63 ± 1.88 ที่ระดับการใช้โซเดียมไนเตรท 500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ และมีค่า a^* เท่ากับ 9.79 ± 1.89 และ 9.44 ± 1.88 ที่ระดับการใช้

ผลของโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพแทนที่ผลิตโดยใช้ Glucono-delta-lactone ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

โซเดียมไนไตรท์ 200 ppm และ 100 ppm ตามลำดับ (Table 3)

$$b^* = 13.1946 - 0.0841 (\text{Time})$$

$$R^2 = 0.9933$$

สำหรับค่าของ b^* หรือค่า chroma ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ถึงสีน้ำเงิน-เหลือง โดยหาค่าที่วัดได้มีค่าบวกจะแสดงความเป็นสีเหลือง ในทางตรงกันข้ามถ้าค่าที่ได้เป็นลบก็จะมีสีไปทางสีน้ำเงิน ซึ่งจากการทดลองใช้ GDL ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมในผลิตภัณฑ์แทนที่มีการผันแปรปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับต่าง ๆ พบว่า ที่เวลาเริ่มต้นของการหมัก ค่า b^* จะขึ้นกับสารทั้งสองชนิดหลังจากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป 36 ชั่วโมง นอกจากค่า b^* จะขึ้นกับสารทั้งสองชนิดแล้ว ยังขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ด้วย ดังสมการสหสัมพันธ์ (Coded regression equation) ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} b^* (0 \text{ hour}) &= 12.8121 - 0.1356 (\text{NaNO}_3) + \\ &0.1819 (\text{NaNO}_2) \\ R^2 &= 0.8716 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b^* (36 \text{ hours}) &= 9.9221 - 0.0575 (\text{NaNO}_3) - \\ &0.2500 (\text{NaNO}_2) - 0.1050 \\ &(\text{NaNO}_3 \times \text{NaNO}_2) \\ R^2 &= 0.9933 \end{aligned}$$

โดยในช่วง 12 ชั่วโมงแรกของการหมักค่าดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 12.258 - 13.253 เป็น 12.990 - 13.330 และจะลดลงจนอยู่ในช่วง 9.070 - 9.720 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ดังสมการสหสัมพันธ์ (Coded regression equation) ต่อไปนี้

และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่า b^* ในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมักพบว่า มีค่า $11.09 + 1.60$ และ $11.21 + 1.73$ ที่ระดับการใช้โซเดียมไนเตรท 500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับและมีค่า b^* เป็น $11.10 + 1.76$ และ $1.20 + 1.57$ ที่ระดับการใช้โซเดียมไนไตรท์ 200 ppm และ 100 ppm ตามลำดับ (Table 3)

จากผลการทดลองในเรื่องสีของผลิตภัณฑ์โดยการผันแปรปริมาณโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ ในผลิตภัณฑ์แทนที่ใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรด ซึ่งในที่นี้คือ GDL ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมนั้นพบว่าค่าสีของผลิตภัณฑ์ในทุกสิ่งทดลองมีค่าใกล้เคียงกันมากและให้สีชมพู-แดง ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย อย่างไรก็ตามคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังต้องอาศัยค่าทางจุลินทรีย์และค่าทางเคมีอื่นๆประกอบกันในการพิจารณาปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ที่เหมาะสมต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์หาปริมาณสารไนเตรทและสารไนไตรท์ที่เหลือ (Residual nitrite) ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งพบว่าที่เวลาเริ่มต้นของการหมักตรวจพบปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลือในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองแต่หลังจากนั้นปริมาณที่ตรวจพบในแต่ละสิ่งทดลองจะมีค่าใกล้เคียงกันมากและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ จนเสร็จสิ้นการหมัก (Fig. 3) แสดงว่าเมื่อสารไนไตรท์ อยู่ในสภาวะที่มีความเป็นกรด (ซึ่งในการทดลองนี้อาศัย GDL ช่วย

เสริมความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์นอกเหนือจากเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมด้วยทางหนึ่ง) จะเปลี่ยนเป็นไนตริกออกไซด์และเข้าทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินให้สีแดงของไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบินแก่ผลิตภัณฑ์ได้ทันที เป็นผลให้ตรวจพบสารไนไตรท์ที่เหลือในผลิตภัณฑ์สุดท้าย เพียง 3.19 - 3.50 ppm. เท่านั้น เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารไนเตรทในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง ซึ่งจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ (Fig. 4) และเมื่อเวลาการหมักผ่านไป 36 ชั่วโมง จะไม่มีความ

แตกต่างของปริมาณสารไนเตรทในแต่ละสิ่งทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ สำหรับในผลิตภัณฑ์สุดท้ายพบว่าตรวจพบปริมาณสารไนเตรทน้อยมากเพียง 0.68 - 0.96 ppm เท่านั้น ทั้งนี้แสดงว่ามีการทำงานของ *Micrococcus varians* ในการเปลี่ยนสารไนเตรทเป็นสารไนไตรท์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงสามารถใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ ในระดับสูง (500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ) ในการทำผลิตภัณฑ์แฮมที่ใช้ GDL ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์

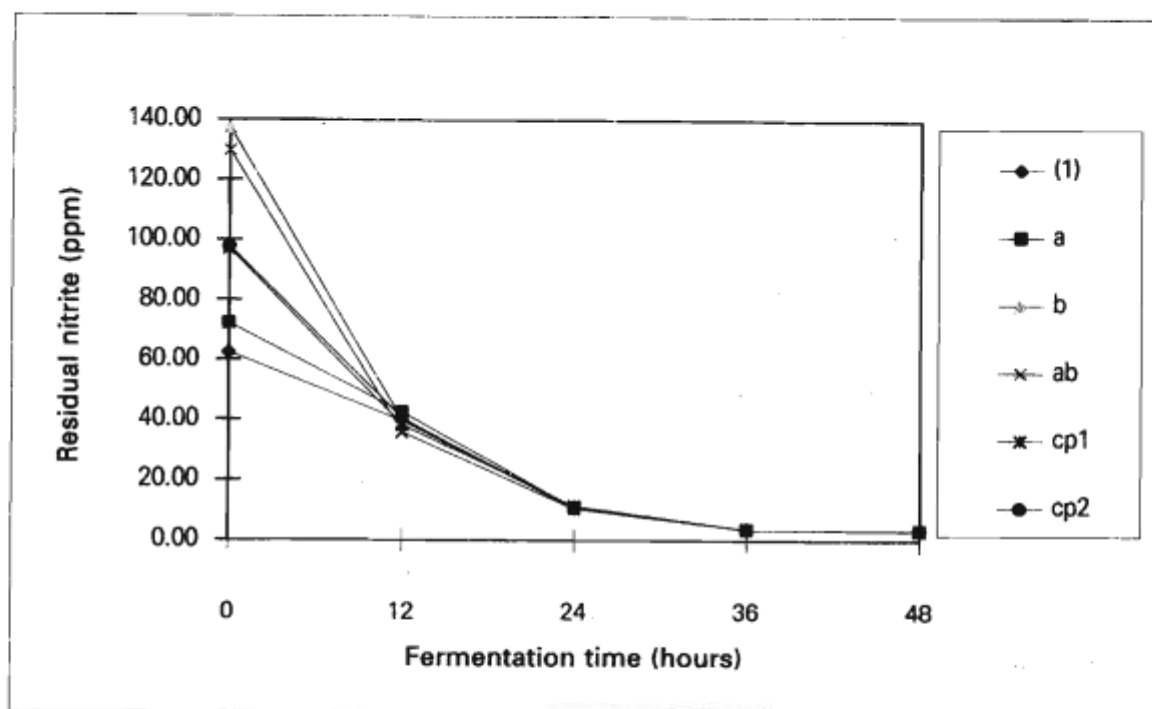


Fig. 3 Residual nitrite in Nham produced with different level of sodium nitrate and sodium nitrite during 48 hours of fermentation.

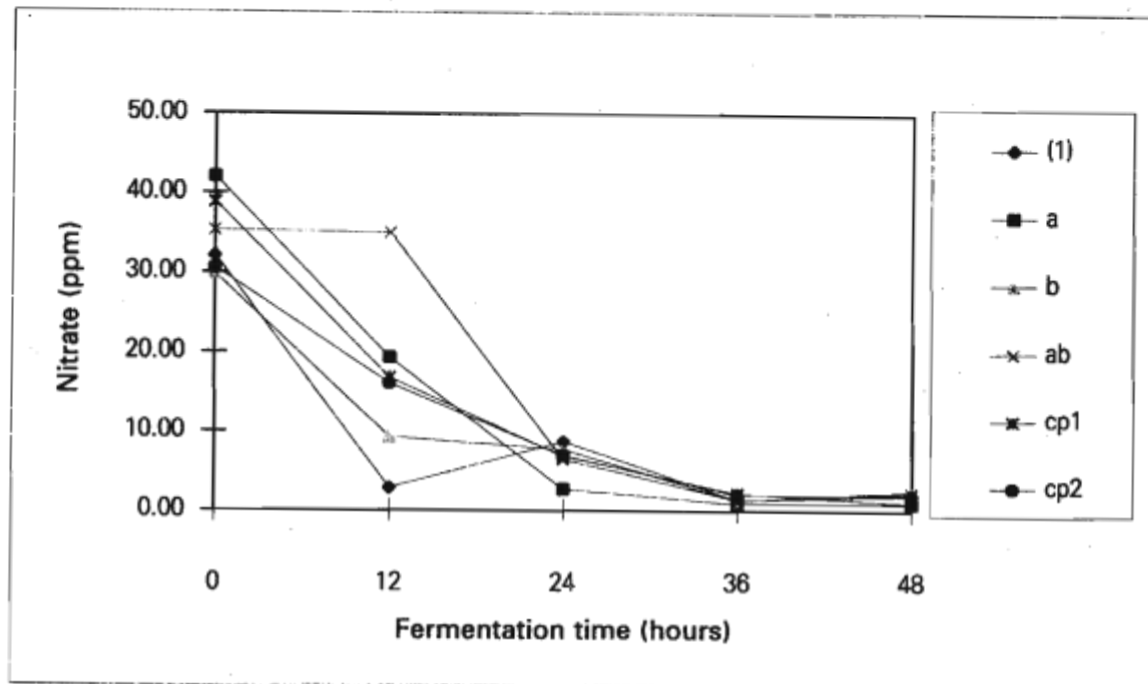


Fig. 4 Residual nitrate in Nham produced with different level of sodium nitrate and sodium nitrite during 48 hours of fermentation.

เริ่มต้นผสมได้ ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลืออยู่จะลดลงเมื่อเวลาการหมักของผลิตภัณฑ์หนามเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ดังสมการสหสัมพันธ์ (Coded regression equation) ดังนี้

$$\text{Residual nitrite (ppm)} = 76.9572 - 1.9016 (\text{Time})$$

$$R^2 = 0.6990$$

และปริมาณสารไนเตรทที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หนามจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณโซเดียมไนเตรทที่

เติมลงไปในการผลิต และมีปริมาณลดลงเมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ดังสมการสหสัมพันธ์ (coded regression equation) ต่อไปนี้

$$\text{nitrate (ppm)} = 67.1483 + 11.4099 (\text{NaNO}_3) - 1.5608 (\text{Time})$$

$$R^2 = 0.7615$$

สำหรับในด้านความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคพบว่า ในสิ่งทดลองที่ใช้

โซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ในระดับสูง (สิ่งทดลองที่ 4) จะสามารถลดเชื้อในกลุ่ม Enterobacteriaceae ลงได้มากกว่าสิ่งทดลองอื่น (Fig. 5) ส่วนสิ่งทดลองที่ตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มดังกล่าวมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ สิ่งทดลองที่ใช้โซเดียมไนเตรทระดับสูงร่วมกับโซเดียมไนไตรท์ระดับต่ำ (สิ่งทดลองที่ 2) โดยตรวจพบในปริมาณ log N เท่ากับ 4.26 และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณเชื้อดังกล่าวจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมไนไตรท์ และเพิ่มเวลาการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ดังสมการสหสัมพันธ์ (Coded regression equation) ดังนี้

$$\begin{aligned} \log \text{No. of Enterobacteriaceae} &= 6.0740 - 0.2323(\text{NaNO}_2) \\ &\quad - 0.0486 (\text{Time}) \\ R^2 &= 0.9191 \end{aligned}$$

แสดงว่าโซเดียมไนไตรท์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อในกลุ่มนี้ได้ ส่วนเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้นนั้นจะมีผลทำให้ค่า pH ลดต่ำลง ซึ่งเป็นสถานะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อดังกล่าวปริมาณเชื้อจึงลดลงเมื่อเพิ่มเวลาการหมักขึ้น

เชื้อจุลินทรีย์อีก 2 ชนิด ที่ศึกษาในครั้งนี้คือ *Staphylococcus aureus* (Table 4) และ *Salmonella* spp. (Table 5) พบว่าการใช้โซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ระดับสูง (สิ่งทดลองที่ 4) สามารถลดปริมาณเชื้อ *S. aureus* ลงได้เร็วกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ ทั้งนี้จะสามารถลดความเสี่ยงจากการสร้าง Enterotoxin ของเชื้อ *S. aureus* บางชนิดลงได้ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Rhia และ Solberg (1975) ทำนองเดียวกันเมื่อพิจารณาเชื้อ *Salmonella* spp. พบว่าในชั่วโมงที่ 24 ของการหมักจะตรวจพบปริมาณเชื้อชนิดนี้ในสิ่งทดลองดังกล่าวต่ำกว่าสิ่งทดลองอื่น และเมื่อเวลาการหมักผ่านไปปริมาณ *Salmonella* spp. ที่ตรวจพบจะลดลงด้วยจนกระทั่งในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ตรวจพบในปริมาณที่ต่ำมากก็มีค่า MPN น้อยกว่า 3 ในทุกสิ่งทดลอง ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 1 ที่ใช้โซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ในระดับต่ำ คือ 200 ppm และ 100 ppm ตามลำดับ ตรวจพบว่ามีปริมาณ *Salmonella* spp. ที่ MPN เท่ากับ 3.6 ซึ่งถ้านำไปใช้ในการผลิตจริงอาจมีโอกาเสี่ยงต่ออันตรายจากเชื้อดังกล่าวได้

ผลของโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพหนมที่
ผลิตโดยใช้ Glucono-delta-lactone ร่วมกับเชื้อยีสต์เริ่มต้น

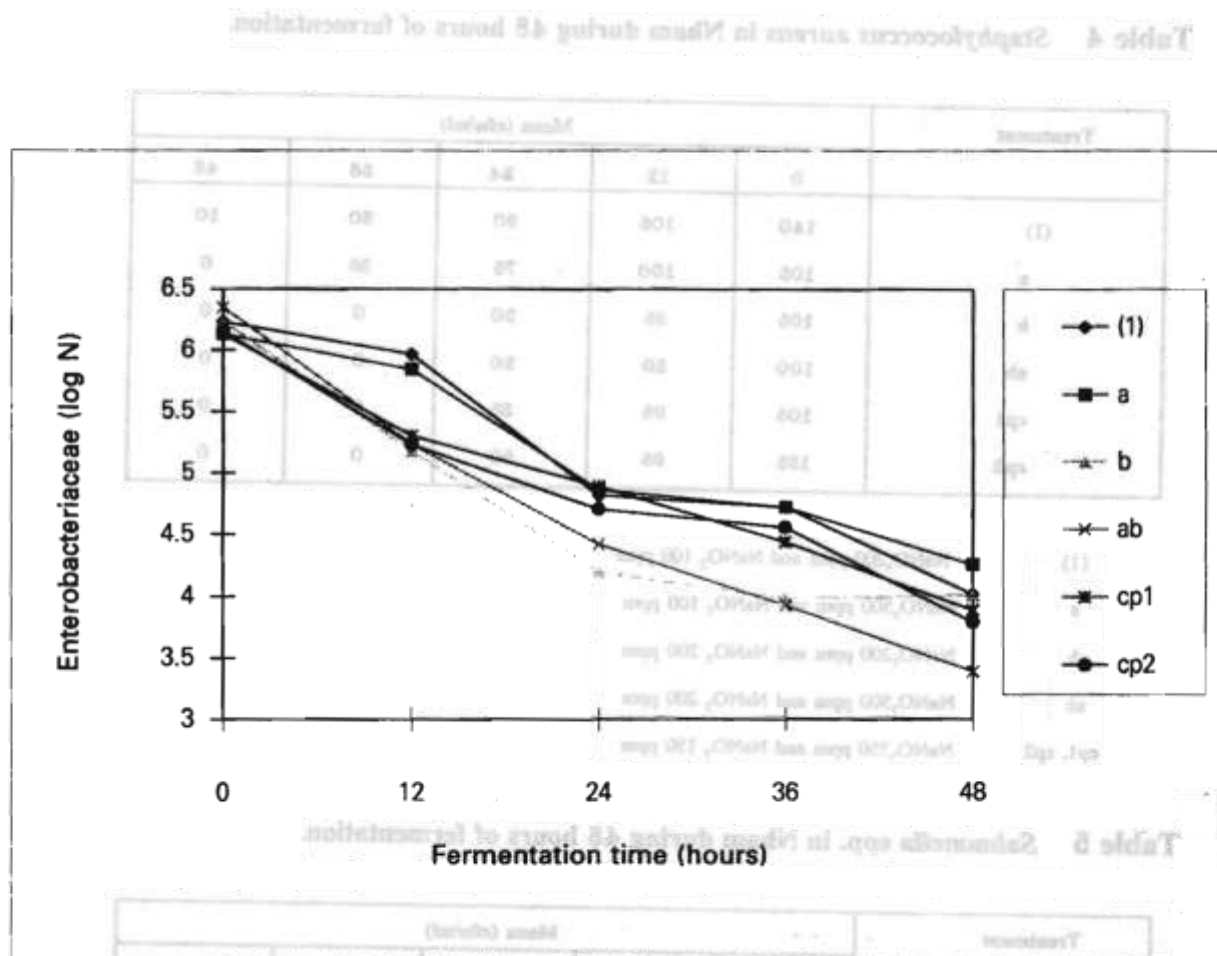


Fig. 5 Enterobacteriaceae in Nham produced with different level of sodium nitrate and sodium nitrite during 48 hours of fermentation.

Table 4 *Staphylococcus aureus* in Nham during 48 hours of fermentation.

Treatment	Mean (cfu/ml)				
	0	12	24	36	48
(1)	140	105	80	30	10
a	105	100	75	35	0
b	105	85	20	0	0
ab	100	50	20	0	0
cp1	105	95	35	0	0
cp2	135	95	50	0	0

- (1) = NaNO₃ 200 ppm and NaNO₂ 100 ppm
a = NaNO₃ 500 ppm and NaNO₂ 100 ppm
b = NaNO₃ 200 ppm and NaNO₂ 200 ppm
ab = NaNO₃ 500 ppm and NaNO₂ 200 ppm
cp1, cp2 = NaNO₃ 350 ppm and NaNO₂ 150 ppm

Table 5 *Salmonella* spp. in Nham during 48 hours of fermentation.

Treatment	Mean (cfu/ml)				
	0	12	24	36	48
(1)	23	19	11	9.1	3.6
a	26	15	11	7.2	<3
b	29	14	6.1	<3	<3
ab	27	15	3	<3	<3
cp1	26	12	7.2	<3	<3
cp2	28	14	7.3	<3	<3

- (1) = NaNO₃ 200 ppm and NaNO₂ 100 ppm
a = NaNO₃ 500 ppm and NaNO₂ 100 ppm
b = NaNO₃ 200 ppm and NaNO₂ 200 ppm
ab = NaNO₃ 500 ppm and NaNO₂ 200 ppm
cp1, cp2 = NaNO₃ 350 ppm and NaNO₂ 150 ppm

ผลของโซเดียมไนเตรตและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพแฮมที่ผลิตโดยใช้ Glucono-delta-lactone ร่วมกับเชื้อบริสุทรีเริ่มต้น

สรุปผลการทดลอง

ผลิตภัณฑ์แฮมที่ใช้โซเดียมไนเตรต 500 ppm และโซเดียมไนไตรท์ 200 ppm ในการผลิตร่วมกับกลูโคโนเดลตาแลคโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 และเชื้อบริสุทรีเริ่มต้นผสมของ *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus plantarum* และ *Micrococcus varians* ผ่านการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จะมีผลต่อเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่ม Enterobacteriaceae อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ รวมไปถึงปริมาณ *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. โดยในผลิตภัณฑ์สุดท้ายตรวจพบปริมาณ Enterobacteriaceae log N เท่ากับ 3.39 ตรวจไม่พบเชื้อ *S. aureus* และมีค่า MPN ของ *Salmonella* spp. น้อยกว่า 3 แต่ทั้งนี้ไม่มีผลเด่นชัดต่อลักษณะปรากฏในด้านสี ปริมาณสารไนเตรต ปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลือ ตลอดจนค่าความเป็นกรดค่าของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์แฮมที่ได้จะมีสีชมพูแดงที่มีค่า Hue (a^*) เท่ากับ 11.47 ± 0.16 ค่า Chroma (b^*) เท่ากับ 9.16 ± 0.24 และค่า Value (L^*) เท่ากับ 56.82 ± 0.10 ตรวจพบปริมาณสารไนเตรต 0.68-0.96 ppm สารไนไตรท์ 3.19-3.50 ppm มีค่าความเป็นกรดคิดเทียบกรดแลคติกร้อยละ 0.80-0.85 และค่าความเป็นกรดค่า (pH) อยู่ในช่วง 4.49-4.52

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติที่ได้สนับสนุนงานวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- ไพโรจน์ วิริยจารี, ลักษณะ รุณะ ไกรกานต์ และ อำพัน กันธิยะ. 2536. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แฮมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทรีเริ่มต้นผสม 1. แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมต่อการผลิตแฮม. วารสารเกษตร. 9:51.
- สุธา บุญอนอม. 2537. การใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดและหัวเชื้อผสมในผลิตภัณฑ์แฮม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- อดิศร เสวตวิวัฒน์. 2533. ผลของการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อรสชาติและเนื้อสัมผัสในการหมักแฮม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. (13rd ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Kamphake, L., Hannah, S., and Cohen, J. 1967. Automated analysis for nitrate by hydrazine reduction. Water Res. 1:205.
- Klettner, P. G., and Baumgartner, P. A. 1980. The technology of raw dry sausage manufacture. Food Technol. in Australia, 32:380.
- Kiss, I. 1984. Testing Methods in Food Microbiology. Elsevier, Amsterdam-Oxford.
- Mathey, R. 1980. Effect of different curing aids on nitrite/nitrate breakdown in raw cured meats. FSTA.12:237
- Nurmi, E. 1966. Effect of bacterial inoculations on characteristics and microbial flora of dry sausage. Acta. Agr. Fenn. 108:1
- Rhia, W.E.Jr., and Solberg, M. 1975. Clostridium perfringens inhibition by sodium nitrite as a

function of pH, inoculum size and heat. *J. Food Sci.* 40:439.

Varga, C. 1973. Changes in the pH of pork as depending on the amount of admixtures. *FSTA.* 5:200.

Walton, D. S. 1987. *Star-Packets*. Walonick Associates Inc., Minneapolis, MN.

Wenderdel, B. 1980. Reduction of residual nitrite and nitrate contents of raw dry sausages. *FSTA.* 12:205.

Walton, D. S. 1987. *Star-Packets*. Walonick Associates Inc., Minneapolis, MN.

Wenderdel, B. 1980. Reduction of residual nitrite and nitrate contents of raw dry sausages. *FSTA.* 12:205.

การวิเคราะห์ผลผลิต

การวิเคราะห์ผลผลิต...

หนังสือและตำราของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ภาควิชาพืชไร่

1. ตำราการใช้สารกำจัดวัชพืช	2537	รศ.ดร.พรชัย เหลืองอาภาพงศ์	187 หน้า	ราคา	120.-
2. เทคโนโลยีการพ่นสารกำจัดวัชพืช	2539	รศ.ดร.พรชัย เหลืองอาภาพงศ์	100 หน้า	ราคา	85.-
3. Systems Simulation and Modeling	1995	Sakda Jongkaewwattana, Ph.D.	199 หน้า	ราคา	250.-

หมายเหตุ : สั่งซื้อได้ที่ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทร. (053) 221699 ต่อ 4046 (โดยเพิ่มค่าส่งทางไปรษณีย์อีกเล่มละ 10 บาท)

ภาควิชาส่งเสริมและเผยแพร่การเกษตร

1. The Role of Universities in Environmental Education : the British Approaches and their Implications for Thailand	1993	Paiboon Suthasupa, Ph.D.	70 หน้า	ราคา	80.-
---	------	--------------------------	---------	------	------

หมายเหตุ : สั่งซื้อได้ที่ ภาควิชาส่งเสริมและเผยแพร่การเกษตร โทร. (053)221699 ต่อ 4018-9 โทรสาร. (053) 225221 (โดยเพิ่มค่าส่งทางไปรษณีย์อีกเล่มละ 10 บาท)

โครงการศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง

1. การพัฒนาเกษตรที่สูง	2531	รศ.ดร.พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์	136 หน้า	ราคา	50.-
2. จากผืนสู่กาแฟ	2531	รศ.ดร.พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ และคณะ	107 หน้า	ราคา	100.-
3. การปลูกกาแฟและผลิตกาแฟอบบิ๊บบนที่สูง	2537	อ.อภัยร เสกธีระ และ รศ.ดร.พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์	215 หน้า	ราคา	150.-
4. การนิเทศงานส่งเสริมการเกษตร	2537	รศ.ดร.พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์	204 หน้า	ราคา	120.-
5. Arabica Coffee Cultivation and Extension Manual for the Highlands of Northern Thailand	1992	J.op.de Laak	111 หน้า	ราคา	300.-

หมายเหตุ : สั่งซื้อได้ที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง โทร. (053)221699 ต่อ 4052 โทรสาร. (053) 225221 (โดยเพิ่มค่าส่งทางไปรษณีย์อีกเล่มละ 10 บาท)