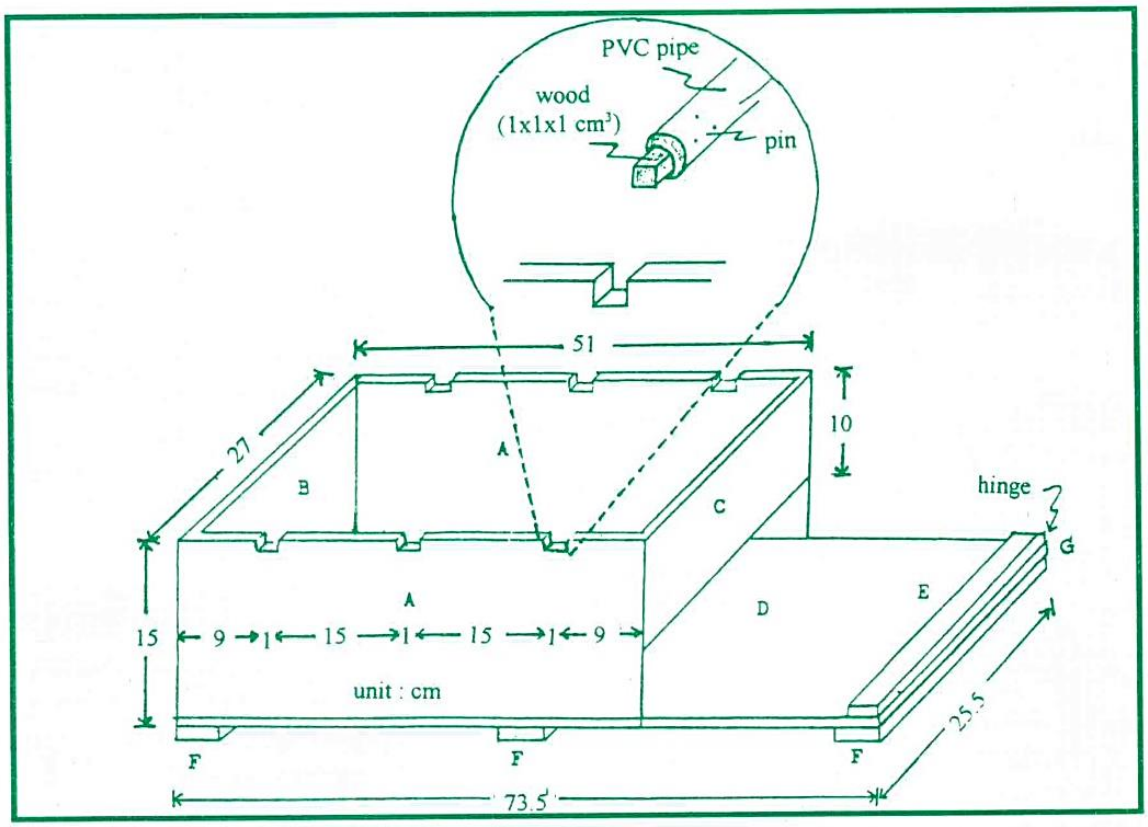
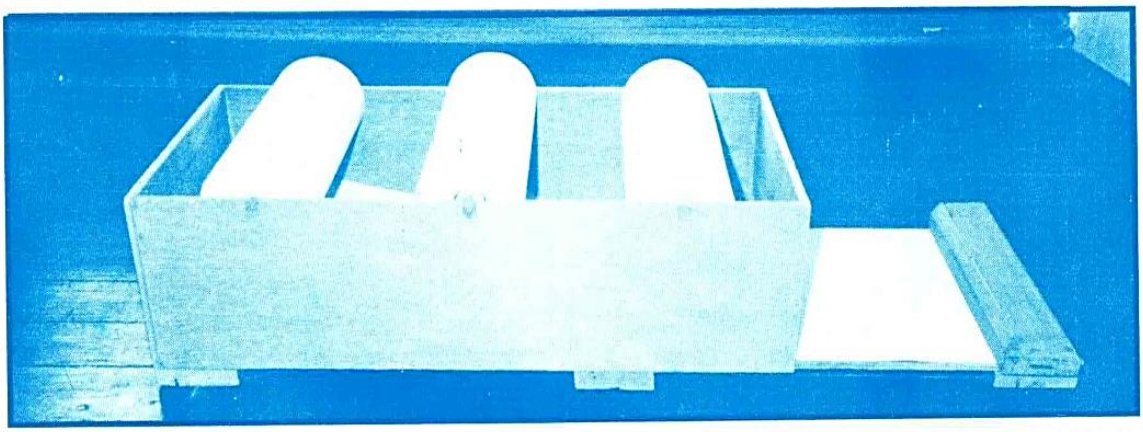
วารสารเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURE
วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 กุมภาพันธ์ 2538 VOLUME 11 NO.1 FEBRUARY 1995





Towel Paper Dispenser Designed for Germination Test

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

วัตถุประสงค์
1.เผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความทางวิชาการ สาขาเกษตรศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร และชีววิทยา
2.เผยแพร่เกียรติคุณของนักวิจัย
3.สร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างนักวิจัย

บรรณาธิการ พิทยา สรวมศิริ

กองบรรณาธิการ คณาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ที่ปรึกษา สง่า สรรพศรี, เชื้อ ว่องส่งสาร, อนันต์ โกเมศ, นคร ณ ลำปาง, ทิม พรรณศิริ, จินดา จันทร์อ่อน

กำหนดเผยแพร่ เดือนกุมภาพันธ์ มิถุนายน และตุลาคม ปีละ 3 ฉบับ

แจ้งรับวารสาร ถึงบรรณาธิการวารสารเกษตร หรือ
คุณวิไลพร ธรรมดา
งานบริการงานวิจัยและพัฒนา
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50200

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

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสารเกษตร เป็นวารสารวิชาการราย 4 เดือน ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการสาขาเกษตรศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร และชีววิทยา ทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

1. เรื่องที่ตีพิมพ์

1.1 ผลงานวิจัย

1.2 บทความปริทัศน์

2. การเตรียมต้นฉบับ

2.1 ต้นฉบับ : ควรส่งต้นฉบับที่จัดพิมพ์ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ โปรแกรมรายวิธี หรือ ชนิด write ความยาวไม่เกิน 10 หน้า บรรทัดหนึ่งกำหนดให้มี 70 ตัวอักษรและหน้าละ 32 บรรทัด ส่งต้นฉบับที่พิมพ์หน้าเดียวลงบนกระดาษ A4 1 ชุด พร้อมแผ่นบันทึกข้อมูล

2.2 ต้นฉบับให้รวมถึงบทคัดย่อภาษาไทย และภาษาอังกฤษ

2.3 ระบุคำย่อ (Index word) ของเรื่อง ทั้งที่เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

2.4 ตาราง : เสนอเป็นภาษาอังกฤษล้วน

2.5 ภาพประกอบ : เสนอเป็นภาษาอังกฤษทั้งในภาพและคำอธิบายภาพ ภาพถ่ายมีขนาด 9.00x13.50 ซม. ภาพเขียนใช้หมึกดำเขียนบนกระดาษอาร์ตหนาหรือกระดาษเขียนแบบ

2.6 กราฟ : จัดทำด้วยโปรแกรม Haward graphic และแนบข้อมูลดิบไปด้วย เพื่อปรับแต่งด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ในภายหลัง

2.7 เอกสารอ้างอิง : นำด้วยเอกสารภาษาไทยตามด้วยเอกสารภาษาอังกฤษ

2.7.1 ในเนื้อเรื่อง อ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องในระบบชื่อต้น และปี (พศ.) เช่น พรชัย (2538) รายงานว่า...หรือ...(พรชัย, 2538) ในกรณีที่เป็นภาษาอังกฤษ ใช้ระบบนามสกุลและปี (คศ.) เช่น Jone and Smith(1995) ในกรณีที่มีผู้แต่งสามคนขึ้นไปให้ใช้ "และคณะ หรือ *et al*" ต่อท้ายผู้แต่งคนแรกเหมือนในบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายเรื่องใส่ชื่อหมดทุกคน

2.7.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายเรื่อง : ให้เรียงอักษรตามชื่อ-สกุลของผู้แต่งคนแรก ไม่ต้องใส่เลขที่ เริ่มจากชื่อไทยต่อด้วยชื่ออังกฤษ

1) สำหรับวารสารควรเรียงลำดับดังนี้.-

ผู้แต่ง (ชื่อต้น,ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) แต่ถ้าเป็นภาษาอังกฤษใช้ชื่อสกุล, ชื่อต้น และปี.ค.ศ ชื่อเรื่อง (ตามที่ปรากฏในวารสาร) ชื่อวารสาร (ย่อตามที่ใช้) ปีที่ (ฉบับที่) : หน้า

ตัวอย่าง : วิเชียร เผ่งสวัสดิ์ (2524). การบริหารศัตรูพืชกับระบบการปลูกพืชหลายชนิด ว.วิทย. กษ. 14(4) : 193-196

2) สำหรับตำราควรเรียงลำดับดังนี้.-

ชื่อผู้แต่ง พ.ศ.(คศ.) ชื่อหนังสือ สำนักพิมพ์ เมืองที่พิมพ์

ตัวอย่าง : เฉลิมพล แซมเพชร. (2527). หลักการเขียนงานวิจัยและวิทยานิพนธ์ทางวิทยาศาสตร์. ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์ เชียงใหม่ 227 หน้า

3. การเสนอเรื่องเพื่อตีพิมพ์

ส่งเรื่องพิมพ์ได้ตลอดเวลา

ถึง บรรณาธิการวารสารเกษตร งานบริการงานวิจัยและพัฒนา

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

กองบรรณาธิการของวารสารเกษตรมีสิทธิ์ในการพิจารณาเรื่องที่จะตีพิมพ์ในวารสาร

กรณีที่จำเป็นจะขอความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 (2538)
Volume 11 No.1 (1995)

วารสารเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สารบัญ

อิทธิพลของปุ๋ยและอายุพืชที่มีต่อผลผลิตไดออสเจนิน ในเอื้องหมายนา 1
พิทยา สรวมศิริ และวีรศักดิ์ เชื้อมโนชาญ

การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่ 18
บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์

การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อ 27
สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล

การปลูกพืชสมุนไพรในสวนป่า 39
พิทยา สรวมศิริ

การประดิษฐ์กระดานนับ 100 เมล็ดสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว และสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 46
สุรัตน์ นักหล่อ

การประดิษฐ์เครื่องมือช่วยฉีกกระดาษเพาะเมล็ดพันธุ์ 51
สุรัตน์ นักหล่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 5. ผลของโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ต่อการผลิตแหนม 55
ไพโรจน์ วิริยจารี ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และ อรอนงค์ สำยางค์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น 6. ผลของโซเดียมไนเตรท โซเดียมไนไตรท์ และเชื้อ *Micrococcus varians* ต่อสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ 69
ไพโรจน์ วิริยจารี ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และ สุชา อนุครกุล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 7. การพัฒนาสีชมพูแดง ในผลิตภัณฑ์ 82
ไพโรจน์ วิริยจารี ลักขณา รุจนะไกรกานต์ สุธยา บุญถนอม วิวรรธน์ วรรธนัจฉริยา และ อิสรพงษ์ พงษ์ศิริกุล

Contents

EFFECT OF FERTILIZER AND PLANT AGE ON DIOSGENIN YIELD IN *Costus speciosus* 1
Pittaya sruamsiri and Virasak Chuamanochan

EFFECT OF PACLOBUTRAZOL WITH ETHEPHON ON FLOWERING AND LEAF FLUSHING OF LYCHEE CV. HONG HUAY 12
Tawatchai Chaitrakulsub, Ryosuke Ogata and Suranant Subhadrabandhu

SESAME MEAL AS SOYBEAN MEAL SUBSTITUTE IN LAYER DIETS 18
Boonlom Cheva-Isarakul and Suchon Tangtaweewipat

SESAME MEAL AS SOYBEAN MEAL SUBSTITUTE IN BROILER DIETS 27
Suchon Tangtaweewipat and Boonlom Cheva-Isarakul

100 SEED COUNTER DESIGNED FOR MUNGBEAN (*Vigna radiata* (L.) WILCZEK) AND FOR SOYBEAN (*Glycine max* (L.) MERR.) 46
Surat Nuglor

TOWEL PAPER DISPENSER DESIGNED FOR GERMINATION TEST 51
Surat Nuglor

NHAM PRODUCT DEVELOPMENT USING MIXED BACTERIAL STARTER CULTURES 5. EFFECT OF SODIUM NITRATE AND SODIUM NITRITE ON NHAM PRODUCTION 55
Pairote Wiriyacharee, Lakkana Rujanadraikarn and Onanong Sumang

NHAM PRODUCT DEVELOPMENT USING MIXED BACTERIAL STARTER CULTURES 6. EFFECT OF SODIUM NITRATE AND SODIUM NITRITE AND *Micrococcus varians* ON COLOUR DEVELOPMENT OF NHAM 69
Pairote Wiriyacharee, Lakkana Rujanadraikarn and Suchada Anutarakun

NHAM PRODUCT DEVELOPMENT USING MIXED BACTERIAL STARTER CULTURES 7. RED-PINK COLOUR DEVELOPMENT IN PRODUCT 82
Pairote Wiriyacharee, Lakkana Rujanadraikarn, Suthaya Boonthanom, Wiwat Wattanatchariya, and Issaraphong Phongsirikul

ISSN 0857-0841

บทบรรณาธิการ

การนำเสนอบทความทางวิทยาศาสตร์เกษตร หรือรายงานผลการวิจัยในประเทศไทย เรามักมุ่งเน้นเฉพาะเนื้อหาที่เป็นผลการทดลองเท่านั้น ในส่วนของกระบวนการวางแผนการวิจัย วิธีการทดลอง ตลอดจนเครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง มักไม่ได้รับความสนใจรายงานในรายละเอียด ทั้ง ๆ ที่ส่วนเหล่านี้จะมีผลอย่างสำคัญต่อผลการทดลองที่จะได้รับด้วย และเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญที่จะอธิบายผลการทดลองว่าทำไมการศึกษาในลักษณะเดียวกัน แต่ต่างกรรมต่างวาระ จึงให้ผลการทดลองที่แตกต่างกัน ถ้าพิจารณาถึงประเด็นนี้ การบรรยายวิธีการทดลองที่กระชับ แต่ครอบคลุม จึงเป็นสิ่งที่นักวิจัยควรได้รายงานไว้ด้วย ดังที่ในวารสารทางวิทยาศาสตร์ในต่างประเทศก็ได้มุ่งเน้นเช่นกัน เช่น เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษายังต้องระบุถึงระดับรุ่น (Model) เลยทีเดียว

งานวิจัยที่ต้องมีการพัฒนาเครื่องมือพื้นฐาน หรือเทคนิคและวิธีการศึกษาที่เฉพาะขึ้นใหม่ ก็น่าที่จะตัดเฉพาะส่วนที่พัฒนาใหม่นี้ออกมารายงานเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยได้ เพราะเนื้อหาส่วนนี้ก็มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเผยแพร่แก่ผู้สนใจเป็นพิเศษ ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นพื้นฐานขึ้นภายในประเทศด้วย นอกจากนี้เทคนิคที่ได้รับการพัฒนาใหม่นี้ยังอาจจะดีกว่าเทคนิคเดิมที่เรามักอ้างอิงจากตำราต่างประเทศเสียอีก เครื่องมือวิทยาศาสตร์ก็เช่นกันเรามักมุ่งซื้อจากต่างประเทศอย่างเดียว ทั้งๆที่บางชนิดเราอาจจะดัดแปลงจากอุปกรณ์พื้นฐานที่มีใช้อยู่ในประเทศได้อย่างง่าย ๆ และได้ผลดีเช่นกัน เพียงแต่เมื่อดัดแปลงแล้วเราไม่ได้เผยแพร่ออกไปเท่านั้น

เราต้องยอมรับความจริงข้อหนึ่งว่า เทคนิคที่เหมาะสมสำหรับประเทศเขตหนาว อาจไม่เหมาะสมกับประเทศเขตร้อนเสมอไป เพราะสิ่งแวดล้อมก็ไม่เหมือนกัน วัตถุทดลองก็แตกต่างกันเป็นอย่างมาก เทคนิควิธีการและเครื่องมือที่เราพัฒนาขึ้นเองน่าจะเหมาะสมที่สุด และยังเป็นการพึ่งตนเองทางด้านความคิด และเทคโนโลยีด้วย การมุ่งเพียงซื้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศอย่างเดียว จะทำให้เราต้องติดแอร์ให้เครื่องมือเครื่องใช้ที่ต้องนำเข้าอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

อิทธิพลของปุ๋ยและอายุพืชที่มีต่อผลผลิตไดออสเจนินในเอื้องหมายนา

Effect of Fertilizer and Plant Age on Diosgenin Yield in *Costus speciosus*

พิทยา สรวมศิริ [1] และ วีรศักดิ์ เชื้อมโนชาญ [2]

Pittaya Sruamsiri and Virasak Chuamanochan

Abstract : *Costus speciosus* is a high potential crop to produce as a source of diosgenin, a substance for various medical used. Important informations for cultivation are however very lacking. In this experiment growth habitat of plant as well as diosgenin accumulation as affected by plant age, developmental stage and nutrition were studied. The results revealed that *Costus* is a perennial plants with a constant life cycle of germination from rhizome and dormancy every year. Plants responded very reluctant to NPK-fertilizers applied. However, growth and dry weight of rhizome increased with plant age and were the highest in the third year. Diosgenin accumulation in rhizome was 0.19-0.45% at flowering stage and decreased to 0.05-0.10% at dormancy. The total yield of diosgenin per cultivated area remained the highest at flowering stage in the second year.

บทคัดย่อ : เอื้องหมายนา เป็นพืชที่มีศักยภาพในการเพาะปลูกเพื่อผลิตวัตถุดิบสำหรับสกัดสารไดออสเจนิน ซึ่งใช้ประโยชน์ทางยาได้หลายชนิด แต่ปัจจุบันยังขาดข้อมูลการเพาะปลูกอีกมาก การทดลองครั้งนี้จึงมุ่งหวังในการรวบรวมข้อมูลอุปนิสัยการเจริญของพืช และการสะสมสารไดออสเจนินเมื่อพืชมีอายุและระยะพัฒนาการต่าง ๆ กัน และเมื่อมีการให้ธาตุอาหารบางชนิด พบว่า เอื้องหมายนาเป็นพืชหลายฤดูที่มีการเจริญเติบโตแบบแตกกอและจุบตัว

---

[1] คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[2] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

เป็นวงจร จะตอบสนองต่อปุ๋ยน้อยมาก การเจริญเติบโต การให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของเหง้า จะแปรผันตามอายุกอและจะมากที่สุดเมื่อต้นพืชอายุ 3 ปี การสะสมสารไดออสเจนินจะสูงกว่าในระยะออกดอก คือ 0.19-0.45% และจะลดลงในระยะฤดูตัวเหลือเพียง 0.05-0.10% เท่านั้น เมื่อคำนวนผลผลิตสารออกฤทธิ์ต่อไร่จะได้มากที่สุดเมื่อพืชออกดอกและมีอายุ 2 ปี

Index words : พืชสมุนไพร เอื้องหมายนา ไดออสเจนิน Medicinal plant, *Costus*, *Costus speciosus*, Diosgenin

คำนำ

ในระยะ 20 ปีที่ผ่านมา สารประกอบสเตียรอยด์ ได้มีบทบาทในทางการแพทย์แผนปัจจุบันของไทยเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก เนื่องจากสารประกอบเหล่านี้มีฤทธิ์ทางยาที่ดี และมีประโยชน์อย่างมาก เช่น ใช้เป็นยาลดการอักเสบ ประเภท Cortisone หรือ Hydrocortisone หรือใช้เป็นยาคุมกำเนิด ประเภท Estrogen และ Progesterone หรือใช้เป็นยาเสริมสร้างร่างกาย ประเภท Androgen เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้มีวิธีการผลิตที่ยุ่งยากซ้ำซ้อน มีแหล่งผลิตจำกัดทำให้มีราคาแพง ในหลายกรณีจำเป็นต้องผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ ซึ่งนับวันจะหายากขึ้น ดังนั้น จึงมีผู้พยายามค้นหาวิธีสังเคราะห์เลียนแบบธรรมชาติ หรือสังเคราะห์จากสารเริ่มต้นจากธรรมชาติที่มีสูตรโครงสร้างใกล้เคียงกัน (ซึ่งมีอยู่หลายชนิดดังรายละเอียดใน Table 1) เช่น Diosgenin ซึ่งเมื่อนำมาผ่านขบวนการกึ่งสังเคราะห์จะได้ฮอร์โมน Progesterone ซึ่งสามารถนำไปผ่านขบวนการทางเคมีเปลี่ยนเป็น Hydrocortisone หรือฮอร์โมนเพศอื่น ๆ ต่อไปได้

Table 1 Some steroidal sapogenins and their sources (Trease and Evans, 1978)

Diosgenin containing plants	Wild plants in :
Dioscorea sylvatica	Transvaal and Natal
Dioscorea mexicana and *D. composita*	Mexico and Central America
Dioscorea deltoides and *D. prazeri*	India
Dioscorea tokoro	Japan
Trillium spp.	North America
Trigonella foenum-graecum	India, Egypt, Morocco

พืชสำคัญที่ให้สาร Diosgenin ได้แก่พืชประเภท *Dioscorea* โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนหัว (Tuber) ของ Mexican yams พืชเหล่านี้ในประเทศไทยรู้จักกันดีในชื่อ กลอย แต่พืชชนิดนี้นับวันก็จะหายากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากพื้นที่ป่าถูกทำลาย การเพาะปลูกมีต้นทุนสูง เนื่องจากต้องใช้เวลาถึง 5 ปี ขึ้นไปจึงจะให้ผลผลิตเนื้อสารออกฤทธิ์สูงพอที่จะนำไปใช้ได้ ปัจจุบันจึงหันมาหาพืชชนิดใหม่ คือ *Costus speciosus* Smith ซึ่งใช้เวลาในการเพาะปลูกสั้นกว่ามากและมีปริมาณสาร Diosgenin ประมาณ 25% (Sarin *et al.* 1982) โดยน้ำหนัก จึงนับเป็นพืชใหม่ที่มีศักยภาพสูงในเชิงเศรษฐกิจต่อไป

ในประเทศไทย พืชชนิดนี้รู้จักกันดีในชื่อเอื้องหมายนา เป็นพืชป่าที่พบโดยทั่วไปในบริเวณที่มีความชุ่มชื้น ทนร่มเงาได้ดี โดยพบตามน้ำตกริมทางน้ำธรรมชาติ และคลองส่งน้ำชลประทานตลอดจนหัวไร่ปลายนาโดยทั่วไป (วิทย์, 2536) จึงนับเป็นพืชที่มีอนาคตทางพัฒนาเป็นพืชเศรษฐกิจได้ ไม่ยากอย่างไรก็ตามข้อมูลการเกษตรของพืชชนิดนี้ยังมีอยู่น้อยมากในปัจจุบัน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอุปนิสัยการเจริญเติบโตของพืช และศึกษาการสะสมปริมาณสารไดออสเจนินในเหง้าเมื่อพืชมีอายุต่าง ๆ กันและเมื่อมีการให้ธาตุอาหารบางชนิด ซึ่งข้อมูลที่ได้จะมีประโยชน์อย่างมากในการพัฒนาการเพาะปลูกพืชชนิดนี้อย่างเป็นการค้าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD โดยทำการเปรียบเทียบชนิดปุ๋ย 4 ชนิด และอายุเก็บเกี่ยวต้นพืช 5 ระยะ คือ

ก. ชนิดปุ๋ย ได้แก่

- ไม่ใส่ปุ๋ย
- ปุ๋ยคอกอย่างเดียว 5 ตัน/ไร่
- ปุ๋ยคอก+15-15-15 18 กก./ไร่ (เพิ่มเท่าตัวในปีที่ 2 และ 3),
- ปุ๋ยคอก+15-15-15+Urea 11.5 กก./ไร่ (เพิ่มเท่าตัวในปีที่ 2 และ 3)

ข. อายุเก็บเกี่ยว ได้แก่

ระยะพักตัวปีที่ 1 (5 เดือนหลังย้ายปลูก)
ระยะเริ่มออกดอกปีที่ 2 (11 เดือนหลังย้ายปลูก)
ระยะพักตัวปีที่ 2 (17 เดือนหลังย้ายปลูก)
ระยะเริ่มออกดอกปีที่ 3 (23 เดือนหลังย้ายปลูก)
ระยะพักตัว ปีที่ 3 (29 เดือนหลังย้ายปลูก)

ปลูกต้นพืชที่ได้จากการตัดชำเหง้า เป็นแถวเดี่ยวระยะปลูก 50 ซม. บนแปลงขนาด 1x2.5 ม. 5 ต้น/แปลงรวมจำนวน 20 แปลง บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติดินในแปลงทดลอง การเจริญเติบโต ผลผลิตเหง้า และผลผลิตเนื้อสารไดออสเจนิน ตลอดเวลาที่ใช้ในการทดลองนาน 3 ปี

การวิเคราะห์ไดออสเจนิน

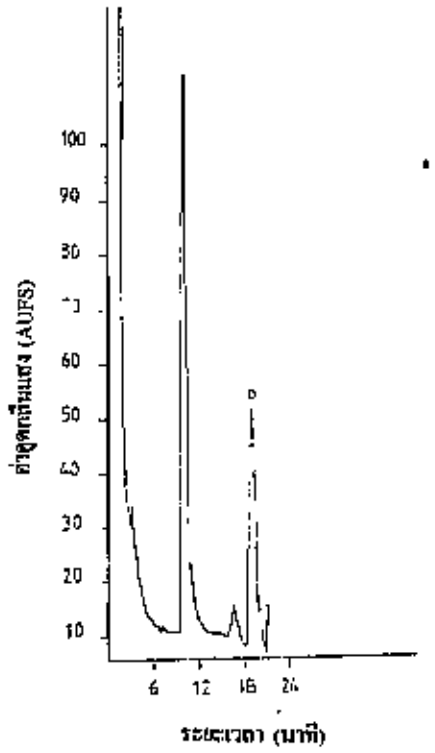
ทำการ Reflux ผงเหง้าเอื้องหมายนาด้วย 2 N HCL ที่ 100°ซ นาน 2 ชั่วโมง กรองนำกากมาปรับให้มีฤทธิ์เป็นด่างด้วย 10% NaOH หลังจากอบแห้งสกัดด้วย Chloroform นาน 8 ชั่วโมง นำส่วนที่ได้ไประเหยจนเหลือปริมาตร 3-4 มิลลิลิตร ก่อนฉีดเข้าเครื่อง GC ต่อไป

วิเคราะห์ไดออสเจนินโดยใช้ gas chromatography แบบ Perkin Elmer Sigma 3B, Column บรรจุด้วย ov-17 (3%) เคลือบบน Chromosorb W ขนาด 100-120 mesh ยาว 3.5 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มม. Carrier gas เป็น N_2 30 มล./นาที Detector : แบบ FID อุณหภูมิ (°c) column 275, detector 300, Injector 300 Attenuation : 16 x 1, เครื่องบันทึกผล : Perkin Elmer 024 การวิเคราะห์แต่ละตัวอย่างจะทำควบคู่กัน 2 ครั้งเสมอ

ผลการทดลอง

1. ลักษณะการเจริญเติบโตของเอื้องหมายนา

จากการทดลองเพาะปลูกเอื้องหมายนาติดต่อกันนาน 3 ปี พบว่าพืชจะมีพัฒนาการในแต่ละปีใกล้เคียงกัน คือ จะยุบตัวในช่วงฤดูหนาว-



ภาพที่ 1 Chromatogram ของการวิเคราะห์ Diosgenin Yield in *Costus speciosus*

ฤดูร้อน (ธันวาคม-มีนาคม) โดยส่วนเหนือดินจะแห้งยุบตัวลง ปล่อยเหลือไว้เฉพาะส่วนใต้ดิน (เหง้า+ราก) จนถึงประมาณกลางเดือนเมษายน จะเริ่มมีการแทงหน่อใหม่จากเหง้าใต้ดินให้เห็น หน่อใหม่จะแทงโผล่พ้นดินในเวลาใกล้เคียงกัน เมื่อหน่อยาว 20-30 ซม. จะเริ่มมีใบคลี่ออกให้เห็น เมื่อหน่อเอื้องหมายนาสูงประมาณ 110 ซม. ที่ปลายยอดจะเริ่มแทงช่อดอกที่มีลักษณะเป็น Head มีกลีบเลี้ยงสีแดง ช่อดอกจะเริ่มปรากฏในเดือนมิถุนายนต่อกบานมีกลีบดอกสีขาวครีม ปากเหลือง ในเดือนกรกฎาคม ผลจะเจริญจนแก่ในเดือนกันยายน ซึ่งเมื่อแก่จัดผลจะแตกสลัดเมล็ดทิ้งไป

ในเดือนตุลาคม ต้นพืชจะเริ่มเข้าสู่การพักตัว โดยใบเริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวเป็นเหลือง และเริ่มแห้งจากปลายและขอบใบ ต่อมาส่วนเหนือดินจะแห้งและยุบตัวลงในเดือนธันวาคม-มกราคม พัฒนาการดังกล่าวของพืชได้สรุปไว้ใน Table 2

ปกติเอื้องหมายนา เป็นพืชที่เพาะปลูกง่าย ชอบน้ำและทนต่อสภาพดินน้ำขังได้ดี ไม่ทนแล้ง ถ้าดินมีความชื้นสูงการแตกหน่อจะมีมาก ขนาดของเหง้าและกอจะใหญ่มาก ไม่มีปัญหาโรคแมลง จากการเพาะปลูกติดต่อกันนาน 3 ปี ไม่จำเป็นต้องพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแต่อย่างใด ปัญหาวัชพืชอาจมีเฉพาะในปีแรก เมื่ออายุมากขึ้นกอจะใหญ่ ปัญหาวัชพืชจะลดลง

Table 2 Monthly development of *Costus speciosus* growing in Chiang Mai

Month	Plant development	
	Vegetative	Reproductive
January	Aerial portions dried up	-
February	Dormancy	-
March	Dormancy	-
April	Aerial shoot germination, middle April	-
May	Aerial shoot with open leaves	-
June	Aerial shoot arrives its highest point	Flower buds occur
July	Aerial shoot remains active	Flowering and fruit set
August	Aerial shoot remains active	Fruit and seed development
September	Aerial shoot remains active	Fruit ripening and debise
October	Leaf color turn yellow	-
November	Leaf turn brown and start dormancy	-
December	Aerial portions dried up	-
Total development period (months)	7-8	4-5

2. ลักษณะดินที่ใช้ในการทดลอง

ดินจากแปลงทดลองก่อนเริ่มใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ มีองค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ ดังนี้

Texture : Sand (%)	54
Silt (%)	26
Clay (%)	20
pH	5.40
Lime requirement (กก.$CaCO_3$/ไร่)	173.16
Organic matter (%)	2.04
Nitrogen (%)	0.102
Phosphorous (ppm.exch.)	87.50
Potassium (ppm.exch.)	153.27

ดินปลูกเป็นดินร่วนปนทราย มี pH 5.40 มีอินทรีย์วัตถุในระดับปานกลาง คือ 2.04 % มีแร่ธาตุค่อนข้างอุดมสมบูรณ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสและโปแตสเซี่ยม เนื่องจากเป็นแปลงทดลองที่ใช้เพาะปลูกพืชอื่นอยู่อย่างสม่ำเสมอ

3. อิทธิพลของปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโต

ทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตในส่วนของความสูงของทรงพุ่ม และจำนวนหน่อ โดยทำการตรวจวัดเมื่อต้นพืชเริ่มฟุบตัว ซึ่งถือว่าการเจริญเติบโตด้านความสูงและจำนวนหน่อได้เจริญถึงขีดสุดแล้ว พบว่าปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่มีผลต่อความสูงและจำนวนหน่อ ความสูงของหน่อเฉลี่ยจะเท่ากันทั้ง 3 ปี คือ ประมาณ 110 เซนติเมตร แต่จำนวนหน่อจะเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเมื่อ

อายุได้ 3 ปี (29 เดือน) ต้นพืชจะมีจำนวนหน่อต่อกอ เฉลี่ย 45 หน่อ (Table 3 และ 4)

Table 3 Effect of fertilizer on cane height of *Costus* at different age

Fertilizers	Cane height (cm) at [1]			
	1 mth	4 mth	18 mth[3]	29 mth[3]
No (control)	50.8	109.1	102.3	127.5
Cow manure (C)[2]	44.4	110.1	106.5	112.2
C+15	48.0	114.5	110.8	130.0
C+15+Urea	48.7	113.1	101.4	118.8

[1] Each mean from 25 plants LSD 0.05 within column = NS

[2] C = Cow manure 5t/rai, 15 = 15-15-15 18-54 kg/rai, Urea = 11-33 kg/rai

[3/4]Cane height in November of the 2nd and 3rd year respectively

Table 4 Cane number/plant of *Costus* as affected by different fertilizer used

Fertilizers	Cane number/plant at[1]		
	1 mth	4 mth	29 mth
No (control)	3.2	10.2	48.8
Cow manure (C)	3.7	9.2	40.2
C+15	3.2	10.0	59.8
C+15+Urea	3.1	7.8	33.8

[1] C= Cow manure 5t/rai, 15 = 15-15-15 18-54 kg/rai, Urea 11-33 kg/rai

[2] Each mean from 25 plants, LSD 0.05 within column = NS

4. อิทธิพลของปุ๋ยและอายุพืชที่มีต่อผลผลิต

ทำนองเดียวกับอิทธิพลที่มีต่อการเจริญเติบโต ชนิดปุ๋ยที่ใช้ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลผลิตเหง้าสดและแห้ง เมื่ออายุ 2 ปี(Table 5) อย่างไรก็ตามปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนมาก มีแนวโน้มทำให้อัตราส่วนน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น หมายถึง เหง้าอวบน้ำมากขึ้น ซึ่งเป็นการตอบสนองของพืช โดยทั่วไปต่อธาตุไนโตรเจน

อายุและระยะพัฒนาการของพืชมีผลอย่างเด่นชัดต่อการสะสมน้ำหนักแห้งในเหง้า อายุที่เพิ่มขึ้นจาก 1 เป็น 2 และ 3 ปี ทำให้น้ำหนักแห้งเหง้าเพิ่มขึ้น ตามลำดับ และการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งในแต่ละปีจะมากในช่วงระหว่างเมื่อต้นพืชออกดอกถึงพืชขุบตัว หรือในระยะที่ต้นพืชมีการเจริญเติบโตของใบอย่างเต็มที่ การสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนใต้ดินหรือในผลผลิตโดยทั่วไปจะแปรผันตามอัตราการสังเคราะห์แสงของพืช เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น จะมีจำนวนหน่อและใบมากขึ้นด้วย อัตราการสังเคราะห์แสงจึงเพิ่มขึ้นส่งผลให้การเจริญเติบโตของเหง้าและการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่าในปีที่ 3 น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น 1352.2 กรัม ในขณะที่ในปีที่ 2 เพิ่มเพียง 619.3 กรัม แสดงว่าถึงแม้ในปีที่ 3 ต้นพืชจะมีจำนวนหน่อมากจนเต็มแปลง ทำให้เกิดปัญหาการบังแสงกันเองของใบบ้างแต่การสังเคราะห์แสงก็ยังอยู่ในอัตราสูงเป็นปกติ น่าจะเป็นความสามารถในการปรับตัวของใบเอื้องหมายนาต่อสภาพร่มเงา เพราะในธรรมชาติเราพบเอื้องหมายนาเจริญอยู่ภายใต้ร่มเงาของพืชอื่น หรือในป่าโปร่งด้วยเช่นกัน

5. ผลผลผลิตเหง้าสดและแห้ง

เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปุ๋ยและพัฒนาการของพืชที่มีต่อผลผลิตน้ำหนักสดและแห้งของเอื้องหมายนา ได้ทำการขุดเก็บเกี่ยวต้นพืชในปีที่ 2 ขณะเมื่อต้นพืชเริ่มออกดอกและเมื่อเริ่มพุบตัว ปรากฏว่าชาตุอาหารพืชไม่ทำให้ผลผลิตสดและแห้งของเหง้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งเมื่อต้นพืชอยู่ในระยะออกดอกและในระยะพุบตัว (Table 5) แต่การใช้ปุ๋ยคอกผสมกับปุ๋ย 15-15-15 และปุ๋ยยูเรียมีแนวโน้มทำให้สัดส่วนน้ำหนักสด : น้ำหนักแห้งของเหง้าเพิ่มขึ้นทั้งสองระยะ กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือการเพิ่มปุ๋ยที่มีชาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบให้กับต้นพืช จะทำให้เนื้อเยื่อมีความอวบน้ำมากขึ้น

เมื่อต้นพืชอายุ 2 ปี น้ำหนักสดและแห้งในระยะต้นพืชพุบตัวจะมีมากกว่า เมื่อพืชอยู่ในระยะออกดอก (Table 5)

Table 5 Effect of fertilizers and developmental stage on fresh and dry weight of *Costus* rhizome at 2 years of age

Fertilizer[y]	Flowering stage [z]			Dormancy stage		
	Fresh wt/pl (g)	Dry wt/pl (g)	Fresh:Dry wt.	Fresh wt/pl (g)	Dry wt/pl (g)	Fresh:Dry wt.
No (Control)	4176	530.6	7.9	5100	652.8	7.8
Cow manure (C)	4400	596.5	7.4	6520	843.8	7.7
C+15	4920	554.7	8.9	6480	912.7	7.1
C+15+Urea	5160	580.4	9.7	6140	724.5	8.5
mean	4663.8	553.1	-	6060.0	783.5	-

[y] C = Cow manure 5 t/rai, 15 = 15-15-15 18-36 kg/rai Urea 11-33 kg/rai

[z] Each mean from 25 plants, LSD 0.05 within column = NS, unit weight = g/pl

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเหง้าแห้งตลอดอายุ 3 ปี พบว่าชนิดปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่ทำให้น้ำหนักผลผลิตแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พัฒนาการของพืชจะทำให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ตั้งแต่ปีที่ 1- ปีที่ 3 การเพิ่มผลผลิตจะเกิดมากในช่วงระหว่างออกดอกถึงพุบตัว คือ เพิ่มจาก 413.9 ก/ต้น เป็น 1033.2 ก/ต้น ในปีที่ 2 และเพิ่มจาก 1094.9 เป็น 2447.1 ก/ต้น ในปีที่ 3 (Table 6) อัตราการเพิ่มในปีที่ 3 จะมากกว่าในปีที่ 2 คือ 1352.2 ก และ 619.3 ก ตามลำดับ

การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งของเหง้าเมื่อออกดอก เปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งในระยะพุบตัวในปีก่อนหน้า แสดงให้เห็นว่า การแทงยอดใหม่ของเอื้องหมายนาจากเหง้าที่พักตัวอยู่ในดินมีการดึงอาหารที่สะสมไว้ในเหง้าออกมาใช้น้อยมาก และสามารถสังเคราะห์แสงนำไปชดเชยได้ในเวลาอันรวดเร็ว

Table 6 Effect of fertilizers and harvesting stage on dry weight of *Costus* rhizome[1/]

Fertilizers[2/]	Harvesting stage				
	Year 1	Year 2		Year 3	
	Dormancy	Flowering	Dormancy	Flowering	Dormancy
No (Control)	383.6	403.0	833.0	964.2	1,743.5
Cow manure (C)	347.2	382.4	1,224.2	1,085.6	2,721.4
C+15	428.4	431.4	1,026.2	1,947.8	3,147.2
C+15+Urea	439.8	488.8	1,049.4	922.6	2,176.3
Harvesting stage mean[3/]	398.5	413.9	1,033.2	1,097.9	2,447.1

[1/] Dry weight/plant (g)

[2/] C = Cow manure 5 t/rai, 15 = 15-15-15 18-54 kg/rai, Urea 11-33 kg/rai

[3/] LSD 0.05 Fertilizer = NS, Harvesting stage = 372.8

6. ผลผลิตสารไดออสเจนิน

ชนิดปุ๋ยที่ใช้ไม่แสดงผลอย่างเด่นชัดต่อการสะสมสารไดออสเจนินในเหง้าเชื้องหมายนา แต่พัฒนาการของพืชจะแสดงผลอย่างชัดเจน โดยในระยะออกดอกจะมีปริมาณไดออสเจนิน 0.19-0.45 % และในระยะพักตัวจะลดลงประมาณ 3-5 เท่าตัว อายุของต้นพืชได้แสดงแนวโน้มส่งผลต่อปริมาณสารไดออสเจนินเช่นกัน โดยในปีที่ 3 ปริมาณสารไดออสเจนินที่วิเคราะห์ได้มีแนวโน้มลดลงกว่าในปีที่ 1 และปีที่2 ซึ่งในสองปีแรกนี้จะมีการสะสมไดออสเจนินสูงใกล้เคียงกัน

Table 7 Effect of fertilizers and harvesting stage on diosgenin content in *Costus* rhizome

Fertilizers[1/]	Diosgenin content (% by weight)[2/] at				
	Year 1	Year 2		Year 3	
	Dormancy	Flowering	Dormancy	Flowering	Dormancy
No (Control)	0.06	0.53	0.07	0.25	0.01
Cow manure (C)	0.07	0.58	0.08	0.16	0.08
C+15	0.14	0.50	0.12	0.29	0.04
C+15+Urea	0.18	0.37	0.06	0.05	0.07
Harvesting stage mean	0.10	0.45	0.08	0.19	0.05

[1/] C = Cow manure 5 t/rai, 15 = 15-15-15 18-54 kg/rai, Urea 11-33 kg/rai

[2/] Mean from analytical values of 3 plants/treatment

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. อิทธิพลของปุ๋ยและอายุพืชที่มีต่อการเจริญเติบโต

ต้นเอื้องหมายนาตอบสนองต่อชนิดปุ๋ยที่ใช้ทั้ง 4 ชนิดน้อยมาก ลักษณะการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูงของหน่อและจำนวนหน่อต่อกอใกล้เคียงกันในทุกชนิดปุ๋ย เหตุผลสำคัญที่อาจนำมาอธิบายพฤติกรรมของพืชดังกล่าว คือ ดินปลูกที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีความอุดมสมบูรณ์เพียงพออยู่แล้วสำหรับการเจริญของต้นเอื้องหมายนา ธาตุอาหารพืชจำเป็นจึงไม่ใช่ข้อจำกัดต่อการเจริญเติบโต ซึ่งเมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินดังแสดงใน Table 2 อาจกล่าวได้ว่าเอื้องหมายนาเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารไม่มากนักและสามารถเจริญได้ดีในดินอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ซึ่งนับเป็นข้อดีของพืชชนิดนี้ในการนำไปปลูกอย่างเป็นการค้าต่อไป

อายุของต้นพืชจะมีผลต่อจำนวนหน่อ/กอ การแตกหน่อใหม่หลังจากขุบตัวในแต่ละปี จะมีจำนวนหน่อเพิ่มขึ้นจากประมาณ 10 หน่อ ในปีที่ 1 เป็นประมาณ 45 หน่อในปีที่ 3 การแตกหน่อใหม่เพิ่มขึ้นจะทำให้ขนาดของกอขยายตัวออกทางกว้างเรื่อย ๆ โดยจะขยายออกทุกทิศทางรอบกอ การขยายตัวของกออย่างรวดเร็วนี้ส่งผลให้ต้องใช้ระยะปลูกค่อนข้างกว้างด้วย จากการทดลองครั้งนี้ใช้ระยะปลูก 50 เซนติเมตร พบว่า ในปีที่ 3 กอจะขยายมาชนกัน ทำให้ไม่สามารถแยกว่าหน่อไหนเป็นของกอใดแล้ว นั่นก็คือการปลูกเอื้องหมายนาโดยใช้ระยะปลูก 50 เซนติเมตร ควรเก็บเกี่ยวภายในอายุ 3 ปี เท่านั้น

ลักษณะการเจริญเติบโตของเอื้องหมายนาในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งโดยสรุปว่ามีการเจริญทางกิ่งใบ 7-8 เดือน และในช่วงดังกล่าวจะมีช่วงการเจริญของดอกและผลอยู่ 4-5 เดือน ตรงกับวงจรชีวิตของเอื้องหมายนาที่เจริญอยู่ในธรรมชาติในประเทศอินเดีย ดังรายงานของ (Sarin *et al.*, 1982)

2. อิทธิพลของปุ๋ยและอายุพืชที่มีต่อปริมาณสารไดออสเจนิน

การสะสมสารไดออสเจนินในเหง้าเอื้องหมายนาจากการทดลองครั้งนี้ จะไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของปุ๋ยที่ใช้ แต่จะแปรผันตามระยะพัฒนาการของพืช คือ ในระยะออกดอกจะมีสารออกฤทธิ์ 0.19-0.45% ในขณะที่ในระยะพักตัว จะมีสารออกฤทธิ์ลดลงอีกประมาณ 3-5 เท่าตัว เป็น 0.05-0.08% ดังนั้นในการเพาะปลูกเอื้องหมายนาอย่างเป็นการค้าจึงควรเก็บเกี่ยวเมื่อต้นพืชออกดอก เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดี มีเนื้อสารไดออสเจนินมาก

การสะสมสารไดออสเจนินจะมีมากในเหง้าของกอที่มีอายุน้อย (ปีที่1 และ 2) แต่เมื่ออายุมากขึ้น (3 ปี) จะมีเปอร์เซนต์ไดออสเจนินลดลง (Table 7) อาจเป็นเพราะในการศึกษาครั้งนี้เป็นการคำนวณค่าไดออสเจนินบนพื้นฐานของน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบ เมื่อต้นพืชมีอายุมากขึ้น องค์ประกอบของเหง้าจะเป็น Cork cell และ Fiber cell มากขึ้น เซลเหล่านี้ โดยปกติจะไม่สะสมสารออกฤทธิ์ จึงทำให้เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของไดออสเจนินลดลง

8. อายุที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยว

การสะสม Cork cell และ Fiber cell ในเหง้าเอื้องหมายนา เมื่อต้นพืชมีอายุมากขึ้น นอกจากจะทำให้เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของไดออสเจนินลดลงแล้ว ยังก่อให้เกิดปัญหาเมื่อนำไปแปรรูป คือ การบดวัตถุดิบจะกระทำได้ยากขึ้นด้วย ทำให้ต้นทุนด้านเวลาและการสึกหรอเครื่องมือเพิ่มขึ้น ดังนั้น โรงงานอาจไม่นิยมเหง้าอายุ 3 ปี แต่จะชอบเหง้าอายุน้อยมากกว่า แต่ในการพิจารณาในเชิงของกสิกร หรือในการพิจารณาเชิงผลตอบแทนต่อไร่ การเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 3 ปี จะดีกว่า เพราะจะให้ผลผลิตเหง้าแห้งสูงกว่า (กอมีขนาดใหญ่ขึ้น มีเหง้ามากขึ้น) อย่างไรก็ตามเมื่อคำนวณเป็นน้ำหนักไดออสเจนินต่อไร่ พบว่าจะสูงที่สุดเมื่อต้นพืชออกดอกในปีที่ 2 ฉะนั้นระยะที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวคือเมื่อต้นพืชออกดอกในปีที่ 2 (Table 8)

Table 8 Yield of diosgenin/rai when harvested at different stage of development

Harvesting stage	Months after transplant	Dry weight of rhizome/plant (g)	Diosgenin content (%)	Diosgenin yield/plant (g)	Diosgenin yield/rai (kg)
Dormancy, Yr.1	5	398.5	0.10	0.40	9.984
Flowering, Yr 2	11	413.9	0.45	18.63	46.500
Dormancy, Yr 2	17	1033.2	0.08	0.83	2.072
Flowering, Yr 3	23	1094.9	0.19	2.08	5.192
Dormancy, Yr 3	29	2447.1	0.05	1.22	3.045

Plant spacing 50 cm = 2496 plants/rai

สรุปผลการทดลอง

เอื้องหมายนาเป็นพืชที่มีอุปนิสัยการเจริญเติบโต เป็นพืชหลายฤดู (Perennial crop) จะยุบตัวในเดือนธันวาคม-มีนาคม แตกหน่อใหม่เดือนเมษายน ออกดอกในเดือนมิถุนายน ผลแก่เดือนกันยายน และส่วนเหนือดินจะเริ่มยุบตัวในเดือนต่อมาพัฒนาการดังกล่าวจะมีผลต่อการสะสมน้ำหนักเหง้าและการสะสมสารไดออสเจนิน โดยปริมาณสารไดออสเจนินจะมีมากที่สุดในช่วงต้นพืชออกดอกโดยการให้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูงอาจทำให้เหง้าอวบน้ำบ้าง แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการสะสมสารไดออสเจนินอย่างเด่นชัด เมื่อออกดอกในปีที่ 2 ผลผลิตสารไดออสเจนินคำนวนต่อไร่จะสูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม 2536. พจนานุกรมสมุนไพรไทย พิมพ์ครั้งที่ 2. หจก.ประชุมทองการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 880 หน้า

Sarin, Y.K., K.L. Ajit Singh, K.L.Bedi, S.K. Kapur, B.K.Kapahi and C.K. Atal. 1982. *Costus speciosus* Rhizome as commercial source of diosgenin. in C.K. Atal and B.M. Kapur (ed)Cultivation and utilization of medicinal plants, Regional Research Laboratory, Jammu-Tawi (India) 817 p.

Trease, G.E. and W.C Evans. 1978. Pharmacognosy. 11th. Edition. Bailliere Tindall, London 784 p.

Effect of Paclobutrazol with Ethephon on Flowering and Leaf Flushing of Lychee Cv. Hong Huay

Tawatchai Chaitrakulsub[1/], *Ryosuke Ogata*[2/] *and Suranant Subhadrabandhu*[3/]

Abstract : In November-December, 1989, single spray of paclobutrazol followed by two sequential sprays of ethephon at the concentration of 500:(300:300), 750:(400:400) and 1,000:(500:500) ppm. were applied on the half tree plot of the 8 years old lychee cv. Hong Huay, compared to the check on the other half and the untreated control trees which were not sprayed. The experiment was performed in the orchard at Mae Tang District, Chiang Mai, Thailand. It was found that, all treatments did not affect percentage of flowering and leaf flushing, while there was no different and no correlation between sprayside and non sprayside on the same lychee tree. In the meantime from October-November 1989, single spray of paclobutrazol followed by single sprays of ethephon at the concentration of 500:(300), 750:(400) and 1,000:(500) ppm. were applied on whole tree plot of the 6 years old lychee cv. Hong Huay, compared to the untreated control. The experiment was performed in the orchard at San Kum Pang District, Chiang Mai, Thailand. It was found that, paclobutrazol : (ethephon) 1,000:(500) ppm. reduced the percentage of leaf flushing about 10 percents compared to the untreated control, while all chemical treatments did not affect the percentage of flowering.

Index words : Paclobutrazol, Ethephon, Flowering, Leaf Lushing, Lychee

INTRODUCTION

Lychee is mainly grown in the northern part of Thailand, where the climate is classified as sub-tropical, it is known to be less adaptable than other crops. Selecting an suitable site for the required variety is essential for the profitable yields. It is essential that lychees must be grown in sites where conditions and management of the crop compliment with the trees natural fruiting cycle. Since lychee is rather sensitive to the growing conditions, so only few places in

1/ Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200 THAILAND.

2/ Faculty of Agriculture, Utsunomiya University, Utsunomiya 321, JAPAN.

3/ Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900 THAILAND.

Thailand are suitable for producing lychee commercially(Subhadrabandhu, 1990). Even the most suitable location is selected for growing lychee, the lack of profuse and irregular flowering is the major problem. This problem has been attributed to several factors, although often there has been no obvious explanation(Menzel, 1983).

Improvment of genetic and new technique of cultural practice including application of plant growth regulators, are investigated but the results are variable. Menzel and Simpson (1990) concluded that the main reason of low and irregular cropping is excessive vegetative growth in the 1-2 months before panicle formation and subsequently poor flowering in spring. They tried to control excessive vegetative growth by the application of paclobutrazol as foliar spray at the concentration of 1,000-4,000 ppm. and soil drench at 0.25-1.00 gm. ai./m^2 tree ground cover. They found that lychee trees increased in flowering with paclobutrazol only when the growth retardant inhibited vegetative growth for 1-2 months before panicle emergence. There was no improvement in flowering when paclobutrazol merely delayed the vegetative flush.

However, ethephon was reported to increase lychee flowering in Thailand (Subhadrabandhu, 1986) and in China (Huang and Weng, 1978). Application of paclobutrazol or ethephon alone were reported to increase flowering in many fruit tree, whereas some scientists reported to use paclobutrazol plus ethephon for increasing flowering in pear (Jaumien, *et al.*, 1986 b).

There are several experiments indicating the use of more than one growth regulator to be better than when each was applied separately for the increase in the flowering of fruit crops. Such as, the SADH and ethephon in combination could promote flowering in apple (Karaszewska, *et al.*, 1986; Sansavini and Bonomo, 1986; Bangerth, *et al.*, 1986).

The object of experiment reported hear was to evaluate the effects of annual paclobutrazol and ethephon applied in combination treatments, on flowering and vegetative flushing of lychee cv. Hong Huay in the northern part of Thailand.

MATERIALS AND METHODS

First trial

The 8 years old lychee cv. Hong Huay were used as the half tree plot (half tree = 1 experimental unit) in unequal replication of completely randomized design (10-12 replications).

The combination of single spray of paclobutrazol followed by two sequential sprays of ethephon were tested. The treatments on half tree plot are as follow :

Treatment 1 - control

Treatment 2 - paclobutrazol : ethephon - 500 : (300 : 300)

Treatment 3 - paclobutrazol : ethephon - 750 : (400 : 400)

Treatment 4 - paclobutrazol : ethephon - 1,000 : (300 : 300)

Treatment 5 - check 1 (untreated on another side of treatment 2)

Treatment 6 - check 2 (untreated on another side of treatment 3)

Treatment 7 - check 3 (untreated on another side of treatment 4)

Application date :

paclobutrazol - 15 December, 1989.

ethephon 1st spray - 25 November, 1989.

ethephon 2nd spray - 22 December, 1989.

Location : Mae Tang district Chiang Mai, Thailand. Latitude 19°15' North.

Second trial

The 6 years old lychee cv. Hong Huay were used as the whole tree plot (one tree = 1 experimental unit) in unequal replication of completely randomize design (11-12 replications).

Single spray of paclobutrazol followed by single spray of ethephon at the concentration of 500 : (300), 750 : (400) and 1,000 : (500) ppm. were tested compared to the untreated control.

Application date : paclobutrazol - 30 October, 1989.

ethephon - 15 November, 1989.

Location : San Kum Pang district Chiang Mai, Thailand. Latitude 18° 45' North.

RESULTS AND DISCUSSION

First trial

It was found that, every treatment did not affect the percentage of flowering and leaf flushing, while there was no different and no correlation between sprayside and non sparyside on the same lychee tree.

Second trial

It was found that, paclobutrazol : (ethephon) = 1,000 : (500) ppm. reduced the percentage of leaf flushing about 10 percents compered to the untrated control (Table 1), while all chemical treatments did not affect the percentage of flowering.

Table 1 Percentage of leaf flushing

Treatment	Data transformed by $\sqrt{x+1}$	Raw data (%)
Control	3.60 a *	11.96
P : E **= 500 : (300) ppm.	4.95 a	23.50
P : E = 750 : (400) ppm.	4.78 a	21.94
P : E = 1,000:(600) ppm.	1.57 b	1.46

* The means which followed by different letters are significantly different by LSD ($P < 0.05$)

** P : E = Paclobutrazol : Ethephon

It was found that application of paclobutrazol and ethephon in both trials did not affect flowering of lychee cv. Hong Huay, but the highest rate reduced leaf flushing in the second trial, while in the first trial, there was very few leaf flushing in this orchard site, which seemed to indicate that the chemical treatment could not show the effect because of very low leaf flushing percentage in this orchard. These might be indicated that, vegetative growth at that period was not strong and it was noticed that the flowering percentage on untreated control tree was very low (12-17%). This might be reasoned that the chemical treatment could not increase flowering of lychee, if the natural flowering percentage is too low! Menzel and Simpson (1990) also reported that the potential for improved productivity is limited to orchards with moderate bloom (40-60%). Then the main problem is that growers can not predict the level of flowering of their trees in advance to determine if the chemical would be applied.

In the second trial, flowering percentage of the untreated control was also very low (11-12%), the same as in the first trial, but the leaf flushing percentage was high enough that the chemicals could show their effect. These results suggested that the chemicals combination of paclobutrazol: (ethephon) concentration might be higher than 1,000 : (500) ppm. for effective retardation of vegetative growth. The range of chemicals concentration to be tested in further experiment might be 1,000 - 5,000 ppm. , 1-2 sprays for paclobutrazol while 300-500 ppm. , 1-2 sprays for ethephon, but it seemed to be that the date of appliction have to be investigated more seriously.

Cytokinin is another group of plant growth regulator, which should be considered to be used in combination with paclobutrazol and ethephon.

Chen (1990) reported that total cytokinin content increased in the xylem sap at thirty days before flower bud formation and reaching a maximum during flower bud formation and full bloom. He concluded that the high content of cytokinin - like substances is correlated with

flower bud formation in lychee as in mango (Chen. 1987). and in *Sinapis alba* L. (Lejeune, *et al.* , 1988).

Mclaughlin and Greene (1984) reported that an interaction between gibberllins and cytokinins was demonstrated clearly in their investigation that, GA_3 reduced but BA increased flowering of Gloden Delicious' apple, whereas Napier, *et al.* (1986) reported that single application of BA, applied during the flower induction phase, increased flowering in *Leucospermum*.

In the next experiment, paclobutrazol, ethephon and BA might be suggested to be used together in combination for increasing the flowering of lychee cv. Hong Huay.

CONCLUSION

1. The first trial

Every chemical treatment did not affect percentage of flowering and leaf flushing, while there was no different and no correlation between sprayside and non sprayside on the same lychee tree.

2. The second trial

The treatment, paclobutrazol : (ethephon) 1,000:(500) ppm. reduced the percentage of leaf flushing about 10 percents compared to the untreated control, while all chemical treatments did not affect the percentage of flowering.

LITERATURE CITED

Bangerth, F., M., Freimuller, and R.K., El-Mahdy. 1986. Effects of growth regulators on endogenous hormones in apple shoot tips and possible relations to flower formation. Acta Horticulturae 179 : 271-272.

Chen, W.S. 1987. Endogenous growth substances in relation to shoot growth and flower bud development of mango. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 112(2) : 360-363.

Chen, W.S. 1990. Endogenous growth substances in xylem and shoot tip diffusate of lychee in relation to flowering. Hort Science. 25(3) : 314-315.

Huang, P., and S., Weng. 1978. The effect of delayed shoot treatment of fruit bearing of litchi tree. J. Chin. Soc. Hort. Sci. 24(2,3) : 121-126.

Jaumien, F., M., Wiktorowicz, and B.,O sinska. 1986. Vegetative growth control and fruiting of young pear trees treated with CCC, SADH, paclobutrazol and a mixture of these compounds with CEPA. Acta Horticulturae. 179:221-228.

Karaszewska, A., B., Jankowska, M., Mika, and M.J., Grochowska. 1986. Effects of growth regulator treatments on the hormone pattern in the trunk and the collar tissue of apple trees. Acta Horticulturae. 179 : 185-194.

Lejeune, P., J.M., Kinet, and G.,Bernier. 1988. Cytokinin fluxes during floral induction in the long day plant *Sinapis alba L.* Plant Physiol. 86 : 1095-1098.

Mclaughlin, J.M., and D.W., Greene. 1984. Effects of BA, GA_{4+7} and Daminozide on fruit set, fruit quality, vegetative growth, flower initiation, and

flower quality of 'Golden Delicious' apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(1) : 34-39.

Menzel, C.M. 1983. The control of floral initiation in lychee . A Review. Scientia Horticulturae 21 : 201-215.

Menzel, C.M., and D.R., Simpson. 1990. Effect of paclobutrazol on growth and flowering of lychee (*Litchi chinensis*).Aust. J. Exp. Agric. 30:131-7

Napier, D.R., G., Jacobs, J.V., Staden, and C., Forsyth. 1986. Cytokinins and flower development in *Leucospermum*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111(5) : 776-780.

Sansavini, S., and R., Bonomo. 1986. Growth and yield control in apple meadow orchard. Acta Horticulturae. 179:263-266.

Subhadrabandhu, S. 1986. Studies of plant growth regulator effects on tropical and subtropical tree fruits of Thailand. Acta Horticulturae. 175 : 291-298.

Subhadrabandhu, S. 1990. Lychee and longan cultivation in Thailand. Rumthai Publication, Bangkok, Thailand. 40 p.

การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่

Sesame Meal as Soybean Meal Substitute in Layer Diets

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล[1/] และ สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์[1/]

Boonlom Cheva-Isarakul[1/] and Suchon Tangtaweewipat[1/]

Abstract : Sesame meal (SSM) which was used to substitute soybean meal (SBM) in this study was from 3 sources, i.e., 1) from a local oil extraction plant, using mechanical process. 2) from Myanmar (black meal). 3) from China (white meal). All of the meals had considerably high protein content, 70 - 90% of SBM. Methionine level of the meal was twice higher than SBM. The result from layer experiment revealed that local SSM could be used in pullets during 6 - 20 weeks of age at 5% of the diets. It is not recommended to feed layers. Imported SSM of black and white colors could be used at 8 - 12% of layer diets which was equal to 75 - 100% SBM, respectively, without adverse effect on egg performances.

บทคัดย่อ : กากงาที่นำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่นี้ มีแหล่งที่มาต่างกัน 2 แหล่ง คือ กากงาชนิดผลิตเองในท้องถิ่นด้วยโรงงานสกัดน้ำมันขนาดเล็กแบบสกัดด้วยวิธีกล กับกากงาชนิดนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีแหล่งมาจากประเทศพม่าเป็นประเภทกากงาเมล็ดสีดำ และจากจีนเป็นประเภทเมล็ดสีขาว กากงาทั้ง 3 ประเภทจัดได้ว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง กล่าวคือ มีปริมาณโปรตีน 70 - 90% ของกากถั่วเหลือง แล้วแต่กรรมวิธีการสกัดน้ำมันและชนิดของเมล็ดงา นอกจากนี้ยังมีเมทไธโอนีนสูงเป็น 2 เท่าของกากถั่วเหลือง เมื่อนำไปใช้เป็นอาหารไก่ไข่ พบว่า กากงาชนิดผลิตเองในท้องถิ่น ใช้ได้ที่ระดับ 5% ในอาหารไก่รุ่นช่วงอายุ 6 - 20 สัปดาห์ โดยไม่แนะนำให้ใช้เป็นอาหารไก่ไข่ ส่วนกากงานำเข้าชนิดเมล็ดสีดำและสีขาว สามารถใช้ได้ที่ระดับ 8 และ 12% หรือเท่ากับแทนที่กากถั่วเหลือง 75 และ 100% ตามลำดับ โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตไข่ด้อยลง

Index words : อาหารสัตว์ อาหารไก่ไข่ กากงา ถั่วเหลือง Feedstuff, Layer diets, Sesame meal, Soybean meal

---

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

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

บทนำ

การรณรงค์ให้เกษตรกรปลูกพืชอายุสั้นที่ใช้น้ำน้อยและสามารถปลูกในฤดูแล้งได้ นับว่าเป็นนโยบายเร่งด่วนของหน่วยงานของรัฐฯ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากฝนตกทิ้งช่วง เกิดสภาวะฝนแล้งโดยทั่วไป ประกอบกับการเพิ่มของประชากรและการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกทำให้จำเป็นต้องใช้น้ำมากขึ้น งา *(Sesamum indicum*, Sesame) จัดว่าเป็นพืชชนิดหนึ่งที่เหมาะสมต่อการปลูกในฤดูแล้ง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม) เป็นพืชอายุสั้นใช้น้ำน้อยและยังเป็นพืชที่ให้น้ำมันคุณภาพดีที่เชื่อว่าเป็นยาอายุวัฒนะช่วยละลายไขมันในเลือดในส่วนของน้ำมันยังมีสารป้องกันการหืนในตัว(Boekenoogen, 1968) อีกด้วย ส่วนกากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันก็มีคุณภาพทางโภชนาการสูง โดยมีคุณค่าแตกต่างกันออกไปตามกรรมวิธีการสกัดน้ำมัน การคัดเลือกเมล็ดหรือคุณภาพของโรงงานสกัดน้ำมัน เป็นต้น ดังที่เคยกล่าวมาแล้วในเรื่อง "การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อ" ของ (สุชน และบุญล้อม 2539, ตารางที่ 1) กล่าวคือ กากงาชนิดที่ผลิตในท้องถิ่นซึ่งเป็นโรงงานขนาดเล็กอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสกัดน้ำมันบางส่วนใช้วิธีดัดแปลงทำเอง พบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการต่อยกว่ากากที่นำเข้าทั้งชนิดเมล็ดสีขาวกับสีดำและชนิดที่บ่งโดย NRC (1984) มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นมีต่ำมากในกากงาชนิดผลิตในท้องถิ่น ทั้งนี้อาจเนื่องจากผู้ผลิตต้องการน้ำมันงาที่มีกลิ่นหอม จึงได้ใช้ความร้อนสูงและให้เป็นระยะเวลานานเกินไปนั่นเอง

การใช้กากงาเป็นอาหารไก่เนื้อ

มีหลายรายงานที่บ่งว่าได้ผลดีเช่น Bell *et al.* (1990) รายงานว่าสามารถใช้แทนที่กากถั่วเหลืองได้ 25% หากใช้ในระดับที่สูงกว่านี้จะส่งผลให้สมรรถภาพการผลิตด้อยลง และยังทำให้ไขมันในช่องท้องและไขมันทั้งตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่สัดส่วนของน้ำและโปรตีนของตัวไก่ลดลง (Heo *et al.*, 1990) อย่างไรก็ดีถ้ามีการเสริมไลซีนเมทไธโอนีน และซีสตีนอย่างเพียงพอ จะใช้แทนที่กากถั่วเหลืองได้ครึ่งหนึ่ง (Baghel and Netke, 1987) ทำนองเดียวกับการศึกษาในประเทศไทยของสุชนและบุญล้อม (2537) ด้วยการใช้กากงาชนิดผลิตในท้องถิ่นจากโรงงานขนาดเล็กแถวจังหวัดเชียงใหม่และชนิดนำเข้าเมล็ดสีขาวเลี้ยงไก่เนื้อช่วงอายุ 1 - 7 สัปดาห์ ปรากฏว่ากากงาชนิดเมล็ดสีขาวสามารถใช้แทนที่กากถั่วเหลืองได้ที่ระดับ 75% หรือเท่ากับใช้ในสูตรอาหารระดับ 11 - 16% ในขณะที่กากงาชนิดผลิตในท้องถิ่นไม่แนะนำให้ใช้เนื่องจากจะทำให้ไก่โตช้าลง

การใช้กากงาเป็นอาหารไก่ไข่

Hassan (1974) ใช้กากงาเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับในช่วงอายุ 20 - 47 สัปดาห์ ที่ระดับ 5% ปรากฏว่าสมรรถภาพการผลิตด้อยลง แต่เมื่อเสริมไลซีน 0.27% ร่วมกับเมทไธโอนีน 0.07% หรือเสริมด้วยโซเดียมกลูตาเมท (Na-glutamate) 1% เพื่อทำให้มีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น หรือมีปริมาณโปรตีนเท่ากับกลุ่มควบคุม ผลผลิตไข่และประสิทธิภาพการใช้อาหารให้ผลไม่ต่างกัน นอกจากนี้น้ำหนักตัวเพิ่มของแม่ไก่ในระหว่างทดลองก็ไม่ต่างกันด้วย

สำหรับการศึกษา การใช้กากงาในประเทศไทยโดยภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้มีการใช้กากงาชนิดต่างๆ

ทั้งประเภทผลิตเองในท้องถิ่นและชนิดนำเข้าเมล็ดสีดำและสีขาวเป็นเวลาหลายปี ดังมีรายละเอียดสรุปโดยย่อได้ดังนี้

1). การใช้กากงาชนิดผลิตเองในท้องถิ่น

สุชนและบุญล้อม (2535, ก) ใช้กากงาชนิดที่ผลิตจากโรงงานขนาดเล็ก ซึ่งสกัดน้ำมันแบบวิธีกลแถว จ.เชียงใหม่ นำไปเลี้ยงไก่รุ่นเพศเมียพันธุ์ฮับบาร์ดที่อายุ 6 สัปดาห์ จำนวน 400 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม เพื่อให้แต่ละกลุ่มได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของกากงาในอาหารที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15% คงที่ตลอดระยะการทดลอง หรือเทียบเท่ากับใช้แทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 0, 36, 68 หรือ 100% และระดับ 0, 40, 80 หรือ 100% ในอาหารไก่รุ่นระยะที่ 1 (อายุไก่ 6 - 12 สัปดาห์) และระยะที่ 2 (อายุไก่ 13 - 20 สัปดาห์) ซึ่งทุกกลุ่มมีโปรตีนระดับ 15 และ 13% ในไก่รุ่น 1 และไก่รุ่น 2 ตามลำดับ ปรากฏว่าน้ำหนักตัวของไก่สาวต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ตามการเพิ่มขึ้นของกากงาในอาหาร การใช้ที่ระดับ 5% ให้น้ำหนักตัวไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม โดยการลดลงของน้ำหนักตัวนี้ มีผลตั้งแต่ช่วงให้อาหารไก่รุ่น 1 (ชั่งน้ำหนักเมื่อไก่อายุ 12 สัปดาห์) แม้ว่าปริมาณอาหารที่กินในช่วงแรกจะยังไม่ต่างกันก็ตาม ตรงข้ามกับช่วงให้อาหารไก่รุ่น 2 อาหารที่กินลดลงอย่างมาก จึงมีผลให้ความสมบูรณ์พันธุ์ของไก่สาวลดลง การไข่ช้าออกไป และพบว่าความสม่ำเสมอของฝูงไก่ที่ได้รับอาหารที่มีกากงาต้อยลงด้วย (Table 1)

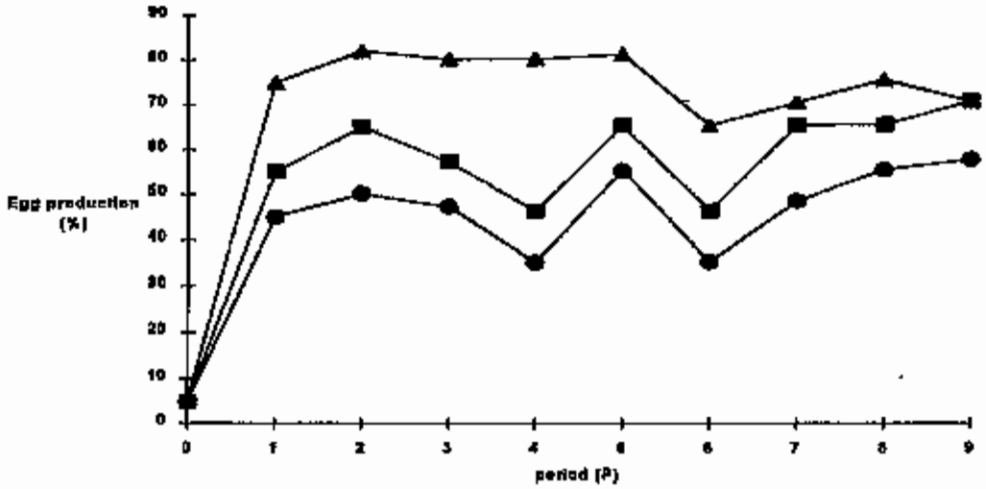
Table 1 **Body weight change, feed intake and age at 5% egg production of pullets fed diets containing various levels of sesame meal (SSM) during growing period from 6 - 20 weeks** (สุชน และบุญล้อม, 2535, ก)

SSM in diet (%)	0	5	10	15
Bodyweight (kg)				
Initial weight	0.45	0.46	0.45	0.45
Final weight	1.67[a]	1.59[a]	1.28[b]	1.00[c]
Weight gain	1.22[a]	1.13[a]	0.81[b]	0.55[c]
Feed intake (g/day)				
6 - 12 weeks	51.3[a]	51.5[a]	50.4[a]	45.2[b]
13 - 20 weeks	69.7[a]	64.3[ab]	58.0[b]	50.0[c]
6 - 20 weeks	61.8[a]	58.8[ab]	55.8[b]	47.8[c]
FCR	4.96[a]	5.10[ab]	6.69[b]	8.52[c]
Uniformity (%)[1/]	81.5[a]	71.4[ab]	66.0[b]	51.4[c]
Age at 5% egg prod. (days)	135[a]	144[a]	157[ab]	168[b]
Mortality (%)	3.0	2.0	8.0	8.0

[a-c] Values within a column with no common superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

[1/] % of birds within + 10% of the mean body weight.

กำธร (2534) ใช้กากงาชนิดผลิตจากโรงงานสกัดน้ำมันขนาดเล็กแถว จ.เชียงใหม่ เช่นเดียวกับสุชน และบุญล้อม (2535 ก.) การทดลองใช้ไก่ไข่พันธุ์อีซ่าบราวน์ที่อายุ 23 สัปดาห์ หรือไข่ได้เฉลี่ย 5% ของฝูง จำนวน 216 ตัว แบ่งออกโดยสุ่มเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ซ้ำ เพื่อให้แต่ละกลุ่มได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของกากงาชนิดนี้ในสูตรอาหารระดับ 0, 12 และ 16% หรือเท่ากับใช้แทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 0, 75 และ 100% ตามลำดับ อาหารทุกสูตรมีโปรตีนระดับ 16% พลังงานใช้ประโยชน์ 2900 กิโลแคลอรี่/กก. ทดลองเป็นระยะเวลา 9 ช่วง ช่วงละ 28 วัน รวมทั้งหมด 252 วัน ปรากฏว่า สมรรถภาพการผลิตไข่ของกลุ่มที่ได้รับกากงาในอาหารทั้งที่ระดับ 12 และ 16% ให้ผลด้อยลงอย่างมาก จึงต้องเปลี่ยนแผนการทดลองด้วยการสลับให้อาหารควบคุมที่ไม่มีการใช้กากงาเป็นเวลา 1 ช่วง (28 วัน) แล้วจึงกลับมาให้อาหารทดลองที่มีกากงาในระดับเดิมเป็นเวลาอีก 1 ช่วง สลับกันไปเช่นนี้ ตั้งแต่ช่วงการทดลองที่ 5 เป็นต้นไป จนสิ้นสุดการทดลอง ปรากฏว่าในช่วงที่มีการให้อาหารควบคุมแก่ไก่ในกลุ่มที่เคยได้รับกากงามาก่อน สมรรถภาพการผลิตไข่จะดีขึ้น แต่เมื่อกลับไปให้อาหารทดลองที่มีกากงาดังเดิม การผลิตไข่ก็ลดลงอีก สลับกันไปเช่นนี้ ดังแสดงใน Fig 1 การที่ผลผลิตไข่ลดลงนี้ น่าจะเป็นผลเนื่องจากไก่กินอาหารได้ลดลง ดังที่เคยให้เหตุผลมาบ้างแล้วในรายงานการใช้กากงาเป็นอาหารไก่เนื้อและไก่รุ่นอย่างไรก็ดีการใช้กากงาชนิดผลิตเองในครั้งนี้ ไม่มีผลเสียต่อคุณภาพไข่ (Table 2)



Group 1 : Control diet

Group 2 : SSM substitution for SBM at 75% in P_1 - P_4 , P_6 and P_8 and fed with control diet (G_1) in P_5, P_7 and P_9

Group 3 : SSM substitution for SBM at 100% in the period as same as Group 2.

Fig. 1 Egg production of laying hens fed diets containing various levels of local SSM.

Table 2 Production performance of laying hens fed diets containing various levels of local sesame meal (กำธร, 2534)

	Levels of sesame meal (%)		
In diet	0	12[1/]	16[1/]
Substitution for SBM	0	75	100
Egg production (%)	75.5[a]	58.9[b]	46.6[c]
Feed intake (g/day)	111.7[a]	104.8[b]	100.2[c]
FCR (kg feed/doz. eggs)	1.79[a]	2.21[b]	2.61[c]
Body weight gain (g)	284[a]	220[b]	262[ab]
Mortality (%)	0	4.2	4.2
Egg quality			
Egg weight (g)	62.1	62.6	61.7
Specific gravity	1.090	1.089	1.089
Haugh unit	90.0	90.0	91.0
Egg shell thickness (mm)	0.349	0.346	0.346

[a-c] Means within a column with no common superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

[1/] Fed in period (P) 1 - 4, P_1 and P_4, and fed with 0% SSM control diet in P_2, P_3 and P_5

2). การใช้กากงาชนิดผลิตในท้องถิ่นเปรียบเทียบกับกากงาชนิดนำเข้า

สุชนและบุญล้อม (2535 ข) ใช้กากงาชนิดผลิตของแถว จ.เชียงใหม่ กับชนิดนำเข้าจากประเทศพม่าแบบเมล็ดสีดำ ซึ่งกากงาทั้งสองชนิดมีโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 35.7 vs 36.3, 24.7 vs 9.1 และ 12.1 vs 8.8% air dry basis, ตามลำดับ นำไปใช้ในสูตรอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 4, 8 และ 12% หรือเท่ากับแทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 25, 50 และ 75% เลี้ยงไก่ไข่พันธุ์ฮับบาร์ดที่อายุ 36 สัปดาห์ (ไข่ได้ประมาณ 80% ของฝูง) จำนวน 336 ตัว แบ่งออกโดยสุ่มเป็น 7 กลุ่ม โดยมี 6 กลุ่มได้รับอาหารที่มีกากงาชนิดผลิตในท้องถิ่นหรือชนิดนำเข้าที่ระดับต่าง ๆ กัน ส่วนอีกกลุ่มได้รับอาหารควบคุม ทดลองเป็นเวลา 252 วัน ปรากฏว่า ผลผลิตไข่ของกลุ่มที่ได้รับกากงาชนิดนำเข้าให้ผลไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม ส่วนกลุ่มที่ใช้ชนิดผลิตในท้องถิ่น ให้ผลผลิตไข่ด้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (62.2 - 71.4 vs 75.6% ตามลำดับ) อย่างไรก็ดีไม่พบความแตกต่าง เมื่อเทียบระหว่างการใช้กากงาด้วยกัน ยกเว้นกลุ่มที่ใช้กากงาชนิดท้องถิ่นในระดับสูงสุดมีสมรรถภาพการผลิตด้อยกว่ากลุ่มอื่น ๆ ส่วนน้ำหนักไข่เฉลี่ยของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับการคำนวณต้นทุนการผลิตไข่ เมื่อพิจารณาจากอาหารอย่างเดียว โดยกำหนดให้กากงามีราคาเป็น 60% ของกากถั่วเหลือง (5.50 vs 9.00 บาท/กก) ส่วนนอกนั้นมีราคาตามท้องตลาดทั่วไป ปรากฏว่าต้นทุนค่าอาหารจะถูกลงเมื่อใช้กากงา แต่ไม่ทำให้ต้นทุนการผลิตไข่ลดลง เนื่องจากการใช้กากงาทำให้ได้ผลผลิตไข่น้อยกว่ากลุ่มควบคุม

ในขณะที่อาหารที่กินต่อวันไม่ลดลง ซึ่งมีผลทำให้อาหารที่ใช้เพื่อการผลิตไข่สูงขึ้นตามระดับกากงาในอาหาร อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเฉพาะการใช้กากงาชนิดนำเข้า พบว่า มีต้นทุนการผลิตไข่สูงกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย (8.81 - 8.92 vs 8.70 บาท/ไข่ 1 โหล, Table 3)

Table 3 Production performance and feed cost of laying hens fed diets containing various levels of sesame meal (SSM) for 252 days (สุชนและบุญล้อม, 2535, ข)[1/]

	Control	Local SSM			Imported SSM		
In diet	-	4	8	12	4	8	12
Substitution for SBM	-	25	50	75	25	50	75
Egg production (%)	75.7[a]	71.4[b]	70.6[b]	62.2[c]	73.2[ab]	73.1[ab]	72.6[ab]
Feed intake (g/day)	113.5[ab]	111.0[ab]	113.5[ab]	109.4[b]	114.0[ab]	113.7[ab]	115.9[a]
FCR (kg feed/doz. eggs)	1.80[b]	1.87[ab]	1.93[b]	2.12[c]	1.87[ab]	1.87[ab]	1.92[b]
Body weight gain (g)	250[a]	216[ab]	226[ab]	167[b]	251[a]	278[a]	288[a]
Egg weight (g)	64.3	65.4	64.8	64.3	64.9	65.7	65.2
Feed cost							
Baht/kg feed[2/]	4.83	4.77	4.71	4.64	4.77	4.71	4.64
Baht/doz. eggs	8.70	8.92	9.09	9.84	8.92	8.81	8.91

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

[1/] Mortality rate 4 - 8%

[2/] Price of ingredients (Bt/kg) : Yellow corn 3.10, rice bran 3.50, SSM 5.50, SBM 9.00, fish meal 14.00, dicalcium phosphate 12.00, oyster shell 1.50, DL-Methionine 100, L-Lysine 100, salt 2.00 and premix 60.

3). การใช้กากงาชนิดนำเข้า

สุชนและบุญล้อม (2536) ใช้กากงาชนิดเมล็ดสีขาวที่นำเข้าจากประเทศจีน ซึ่งมีคุณภาพดีกว่ากากงาชนิดเมล็ดสีดำที่นำเข้าจากพม่าเล็กน้อย กล่าวคือมีโปรตีน ไขมัน และเยื่อใยเท่ากับ 44.9, 1.6 และ 7.3% air dry basis ตามลำดับ นำไปเลี้ยงไก่ไข่พันธุ์ฮับบาร์ดที่อายุ 32 สัปดาห์ (ไข่ได้ประมาณ 85% ของฝูง) จำนวน 240 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำ เพื่อให้แต่ละกลุ่มได้รับอาหารที่มีกากงาชนิดเมล็ดสีขาวนี้ในสูตรอาหารระดับ 0, 6, 9 และ 12% หรือเท่ากับแทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 0, 50, 75 และ 100% ตามลำดับ ทดลองเป็นเวลา 224 วัน ไม่ปรากฏว่ามีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิตแต่ทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองทั้งหมดเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใช้กากงาในอาหาร (13.3 vs 1.7%) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากความสามารถในการนำแคลเซียมหรือฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้เมื่อมีสารออกซาเลทและกรดไฟติกอยู่ร่วมด้วย เช่นเดียวกับกรณีของความถ่วงจำเพาะและความหนาของเปลือกไข่ของกลุ่มที่ได้รับกากงาระดับสูง (12% ในสูตรอาหาร) มีแนวโน้มน้อยกว่ากลุ่มอื่น ๆ ที่ไม่มีการใช้หรือใช้กากงาในระดับต่ำ โดยจะสังเกตพบได้ในช่วง 6 เดือนแรกของการศึกษา และประกอบกับการศึกษาครั้งนี้เป็นการเลี้ยงไก่บนกรงตับ อาจส่งผลให้แม่ไก่เกิดอาการขาอ่อนหรือขาเปลี้ยขึ้น เมื่อได้

รับแคลเซียมหรือฟอสฟอรัสน้อยกว่าปกติ นอกจากนี้หากพิจารณาเปรียบเทียบกับผลการเลี้ยงของฟาร์มไก่ไข่ทั่วไป จะมีอัตราการตายตลอดระยะ 8 เดือน อยู่ระหว่าง 6-8% จะเห็นได้ว่าอัตราการตายของแม่ไก่ในกลุ่มควบคุมมีปริมาณต่ำมาก ในขณะที่กลุ่มที่ใช้กากงาระดับสูงมีจำนวนสูงกว่า ส่งผลให้เกิดความแตกต่างในทางสถิติ ผลการศึกษาครั้งนี้ขัดแย้งกับรายงานการศึกษา อื่น ๆ ที่บ่งว่าการใช้กากงาไม่มีผลเสียต่ออัตราการตาย (Baghel and Netke, 1987 ; Bell *et al.*,1990 ; สุชนและบุญล้อม, 2535 ก, ข) ซึ่งจากรายงานเหล่านั้นมีอัตราการตายอยู่ในเกณฑ์ปกติทั่วไปส่วนผลด้านคุณภาพไข่ (น้ำหนักไข่เฉลี่ย ความถ่วงจำเพาะ Haugh unit ความหนาเปลือกไข่ สีไข่แดง และจำนวนไข่คุณภาพต่ำ) และน้ำหนักตัวเพิ่มของแม่ไก่ตลอดระยะการทดลองให้ผลไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนค่าอาหารที่ใช้สำหรับการผลิตไข่ โดยกำหนดให้กากงาขาวมีราคากิโลกรัมละ 7.00 บาท ในขณะที่กากถั่วเหลืองมีราคา 9.00 บาท/ กิโลกรัม ปรากฏว่า การใช้กากงามีผลทำให้ราคาอาหารถูกลง แต่ไม่ทำให้ต้นทุนการผลิตไข่ทั้งกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้กากงาในอาหารต่างกัน (7.83-8.24 vs 8.11 บาท/ไข่ 1 โหล, ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้กากงาไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (ต่อการผลิตไข่ 1 โหล) ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน ความแตกต่างของต้นทุนการผลิตไข่จึงมีไม่มาก (Table 4)

Table 4 Effect of feeding laying hens with imported sesame meal (SSM, cv. white seeds) diets on production performance and feed cost during 224 days (สุชน และบุญล้อม, 2537)

	Level of SSM (%)			
In diet	0	6	9	12
Substitution for SBM	0	50	75	100
Egg production (%)	74.2	73.5	76.2	73.7
Feed intake (g/day)	104.7	103.9	106.4	108.7
FCR (dk feed/doz. eggs)	1.70	1.39	1.68	1.76
Body weight gain (g)	145	178	157	168
Mortality (%)	1.7[b]	5.0[ab]	6.7[ab]	13.3[a]
Egg quality				
Egg weight (g)	62.8	62.2	61.7	61.8
Specific gravity	1.086	1.086	1.087	1.085
Haugh unit	85.8	85.2	85.2	86.0
Egg shell thickness (mm)	0.367	0.369	0.371	0.365
Egg yolk color (score)	11.8	11.8	11.6	11.8
Second quality eggs (%)[1/]	0.24	0.35	0.35	0.35
Feed cost				
Baht/kg feed[2/]	4.77	4.70	4.66	4.68
Baht/doz. eggs	8.11	7.94	7.88	8.24

[a,b] Means within a coloma with no common superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

[1/] Including cracked, soft shell and broken eggs.

[2/] Price of ingredient (Bt/kg) : Yellow corn 3.10, rice bran 3.50, soybean meal 9.00 fish meal 14.00, oyster shell 1.50, DL-Methionine 100.00, L-Lysine 75.00, salt 2.00 Premix 60 and SSM cv. white seeds 7.00

ศักยภาพการใช้กากงาเป็นอาหารไก่ไข่

งา จัดเป็นพืชให้น้ำมันชนิดหนึ่งที่ปลูกเป็นพืชเสริมรายได้ โดยปลูกก่อนหรือหลังปลูกพืชเศรษฐกิจ ขึ้นได้ดีในเขตอากาศร้อน นอกจากนี้น้ำมันงายังเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีมีกลิ่นหอม และเชื่อว่าเป็นยาอายุวัฒนะ ช่วยละลายไขมันในเลือด และในส่วนของน้ำมันยังมีสารป้องกันการหืนในตัว ส่วนผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมัน คือ กากงา สามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ เนื่องจากกากที่ได้เหล่านี้มีคุณภาพทางโภชนาการสูง กล่าวคือ มีโปรตีนประมาณ 70 - 90% ของกากถั่วเหลือง ซึ่งแล้วแต่กรรมวิธีการสกัดน้ำมันและชนิดของเมล็ดงาที่นำมาใช้ นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นพวกเมทไธโอนีนสูงกว่าถั่วเหลืองประมาณ 2 เท่า ส่วนไลซีน มีประมาณเครึ่งหนึ่ง จึงสามารถนำกากงาไปใช้ทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ได้

กากงา ที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ในปัจจุบันแยกออกเป็น 2 แหล่งใหญ่ คือ กากงาชนิดผลิตเองในท้องถิ่นด้วยโรงงานสกัดน้ำมันขนาดเล็กแบบสกัดด้วยวิธีกล และกากงาชนิดนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีแหล่งมาจากประเทศพม่าเป็นประเภทเมล็ดสีดำ และจากจีนเป็นชนิดเมล็ดสีขาว เมื่อนำกากงาทั้งสามชนิดไปใช้เป็นอาหารไก่ไข่ ปรากฏว่ากากงาชนิดผลิตเองสามารถใช้ได้ที่ระดับ 5% หรือเท่ากับแทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 36-40% ในอาหารไก่รุ่นระยะ 6-20 สัปดาห์ โดยไม่แนะนำให้ใช้ในอาหารไก่ไข่ เนื่องจากทำให้สมรรถภาพการผลิตไข่ด้อยลงอันเป็นผลมาจากกรรมวิธีการสกัดน้ำมันที่ใช้ความร้อนสูงและนานเกินไป จนทำลายการใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารต่าง ๆ ในขณะที่กากงาชนิดนำเข้าทั้งสองแหล่งคือ จากพม่าและจีนสามารถใช้ในสูตรอาหารไก่ไข่ได้ที่ระดับ 8 และ 12% หรือเท่ากับแทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 75 และ 100% ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่ากากงาชนิดเมล็ดสีขาวจากจีน ที่สกัดน้ำมันแบบใช้สารเคมี จะได้กากที่มีโปรตีนสูงและมีไขมันต่ำ มีคุณภาพดีกว่าชนิดเมล็ดสีดำจากพม่าที่ใช้วิธีการสกัดน้ำมันด้วยวิธีกล

เอกสารอ้างอิง

กำธร นิลทวี, 2534. การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2535 (ก) การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีก 1. ไก่ไข่รุ่น และนกกระทาไข่. ในรายงานการประชุมทางวิชาการ สาขาสัตวศาสตร์, หน้า 145-160. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2535 (ข) การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีก 2. ไก่ไข่. ว.เกษตร 8(3) : 295-308.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2536. การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีก 3 ไก่ไข่. ว.วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 10(3) : 27 - 36.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2537. การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์สัตว์ปีก. 4. ไก่เนื้อ. ว.วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 11(1) : กำลังพิมพ์.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2539. การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อ. ใน รายงานการประชุมสัมมนางานวิจัยงาครั้งที่ 7. ศูนย์วิจัยพืชไร่ อุบลราชธานี (กำลังพิมพ์).

Baghel, R.P.S. and S.P. Netke. 1987. Economic broiler ration based on vegetable proteins. Indian J. Anim. Nutr. 4(1) : 24-27.

Bell, D.E., A.A. Ibrahim, G.W., Denton, G.G. Long and G.L. Bradley. 1990. An evaluation of sesame seed meal as a possible substitute for soybean oil meal for feeding broilers. Poultry Sci. 69 (Suppl.1) : 157.

Boekenoogen, H.A. 1968. Analysis and Characterization of Oils, Fats and Fat Products, Vol. 2. Interscience Publishers. London, UK. 681 p.

Hassan, O.E.M. 1974. Utilization of tropical feedingstuffs in the nutrition of modern commercial laying stock. Tropical Agri. 51(4):569-573.

Heo, C.K., J.Y. Lee and Y.C. Lee. 1990. Feeding value of various plant oil meals as a substitution of soybean meals in broiler diet. Korean J. Anim. Nutr. Feedst. 14(1):14-19.

NRC (National Research Council). 1984. Nutrient Requirements of Poultry, 8th Ed. National Academy Press. Washington, D.C., USA. 71 p.

การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อ

Sesame Meal as Soybean Meal Substitute in Broiler Diets

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์[1/] และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล[1/]

Suchon Tangtaweewipat[1/] and Boonlom Cheva-isarakul[1/]

Abstract : sesame is an important oil seed plant of tropical and subtropical areas. It thrives well in many soil types, but not in water logged soil. Since it is well tolerated to draught, thus being suitable to plant during dry period. Sesame meal, a by-product of oil extraction, has high nutritive value. The local hydrolic processed sesame meal contains nutrients on DM basis :- 29.6% CP, 34.5% EE and 10.0 % CF and 3.0 kcal/g. This kind of sesame meal is not recommended to use as broiler feed. White sesame meal, from solvent extraction process is imported from China. It contains higher nutritive value than the local sesame meal and could substitute 50% of SBM, which was equal to 11 - 16% of broiler ration, without adverse effects on animal performances.

บทคัดย่อ : งา เป็นพืชน้ำมันที่สำคัญของเขตร้อนและกึ่งร้อน ขึ้นได้ดีในดินหลายประเภท ไม่ชอบสภาพน้ำขัง ทนความแห้งแล้งได้ดีพอควร จึงเหมาะที่จะปลูกในหน้าแล้ง ผลผลอยได้จากการสกัดน้ำมันคือ กากงา มีคุณค่าทางโภชนาการสูง กล่าวคือ กากงาชนิดผลิตเองในท้องถิ่น ซึ่งใช้วิธีการสกัดน้ำมันด้วยวิธีกล มีโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และพลังงานใช้ประโยชน์เท่ากับ 29.6, 34.5, 10.0% DM basis และ 3.0 กิโลแคลอรี่/กรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ กากงาชนิดนี้ไม่แนะนำให้ใช้เป็นอาหารไก่เนื้อ ส่วนกากงาชนิดเบล็ดสีขาวที่ได้จากการสกัดน้ำมันด้วยสารเคมี ซึ่งนำเข้าจากประเทศจีน มีคุณค่าทางโภชนาการดีกว่ากากงาชนิดผลิตในท้องถิ่น สามารถใช้แทนที่กากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อได้ที่ระดับ 50% หรือเท่ากับใช้ในสูตรอาหารระดับ 11 - 16% โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตด้อยลง

Index words : อาหารสัตว์ อาหารไก่เนื้อ กากงา กากถั่วเหลือง Feedstuff, Broiler diets, Sesame meal, Soybean meal

---

[1/] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1/] Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, THAILAND.

บทนำ

สถานการณ์การขาดแคลนน้ำในประเทศไทยเป็นปัญหาที่หน่วยงานของรัฐฯ ให้ความสนใจอย่างยิ่ง เนื่องจากเกษตรกรเริ่มประสบกับภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรมากขึ้นเรื่อย ๆ มีการรณรงค์ลดพื้นที่การเพาะปลูกพืชชนิดที่ใช้น้ำมาก แล้วหันไปปลูกพืชอื่นที่ใช้น้ำน้อยกว่าและสามารถปลูกในฤดูแล้งได้ เช่น ทานตะวัน หรือ งา เป็นต้น โดย งา *(Sesamum indicum)* จัดว่าเป็นพืชที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในฤดูแล้ง (ช่วงเดือน กุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม) เป็นพืชอายุสั้น เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 80 - 85 วัน ต้องการน้ำน้อย นอกจากนี้ งายังเป็นพืชที่ให้น้ำมันคุณภาพดีที่เชื่อว่าเป็นยาอายุวัฒนะ ช่วยละลายไขมันในเส้นเลือดและเป็นน้ำมันที่มีสารป้องกันการหืนในตัว (Boekenoogen, 1968) ส่วนกากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันก็มีคุณภาพทางโภชนาการสูงใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง ในระยะ 2 - 3 ปีที่ผ่านมา งาจึงได้รับการส่งเสริมให้เพาะปลูกมากขึ้น มีผลผลิตทั้งประเทศราว ๆ 3.3 หมื่นตัน โดยใช้บริโภคภายในประเทศปีละประมาณ 2.2 หมื่นตัน ที่เหลือ (1.1 หมื่นตัน) ส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศคิดเป็นมูลค่าประมาณ 135 ล้านบาท (FAO, 1993) คาดว่าในอนาคตจะมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายเพื่อเป็นพืชทดแทนข้าวนาปรังที่ใช้น้ำมากในฤดูแล้ง และยังสามารถใช้ทดแทนกากถั่วเหลืองที่ขาดแคลนหรือใช้ทดแทนกากพืชน้ำมันชนิดอื่น ๆ ที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศ สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ในปัจจุบันอีกด้วย

อย่างไรก็ดี จากการที่ประเทศไทยมีปัญหาด้านการผลิตถั่วเหลือง มิไม่พอเพียงกับความต้องการใช้ ประกอบกับรัฐฯ มีนโยบายที่จะช่วยเหลือผู้ปลูกถั่วเหลือง การนำเข้ากากถั่วเหลืองจากต่างประเทศ จึงมีความยุ่งยากและต้นทุนสูงกว่าการนำเข้ากากพืชน้ำมันชนิดอื่น เช่น กากงา กากทานตะวัน กากเรปซีด เป็นต้น แต่เนื่องด้วยคุณภาพของกากพืชน้ำมันที่นำเข้าดังกล่าวมีคุณภาพไม่ใคร่คงสม่ำเสมอนักและบางชนิดมีแหล่งที่มาแตกต่างกัน โดยเฉพาะกากงา ซึ่งปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ ชนิดเมล็ดสีดำนำเข้าจากประเทศพม่า และชนิดเมล็ดสีขาวนำเข้าจากประเทศจีน ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาถึงผลการใช้กากงาชนิดผลิตเองในท้องถิ่น และชนิดนำเข้าจากต่างประเทศแบบเมล็ดสีขาว มาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อ ด้วยการปรับสมดุลของกรดอะมิโนที่จำเป็น โดยเฉพาะชนิดไลซีน เพื่อให้ทราบถึงระดับที่เหมาะสมที่ควรนำไปใช้ต่อไป

คุณค่าทางโภชนาการของกากงา

กากงา (Sesame meal, SSM) เป็นผลพลอยได้จากการทำน้ำมันงา ซึ่งงามีหลายสายพันธุ์ ทั้งเมล็ดสีดำ สีน้ำตาล (ดำ - แดง) หรือสีขาว เมล็ดมีโปรตีนระหว่าง 21-23% ไขมัน 50-52% (เยาวมาลย์และคณะ, 2531) การสกัดน้ำมันหากใช้วิธีกล (Mechanically extracted) มีน้ำมันเหลืออยู่ประมาณ 8-9% ส่วนการสกัดด้วยสารเคมี (Solvent extracted) จะเหลือน้ำมัน 1-2% ส่งผลให้กากงาจากทั้งสองวิธีดังกล่าวมีโปรตีนต่างกัน โดยแบบสกัดด้วยสารเคมีมีมากกว่าแบบวิธีกลประมาณ 10% ส่วนเยื่อใยมีปริมาณใกล้เคียงกัน (8 - 10%, Table 1) สำหรับปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นพบว่ากากงามีไลซีน (Lysine) เป็น Limiting amino acid (Aboul *et al.*, 1986) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกากงาชนิดที่ผ่านกรรมวิธีการสกัดน้ำมันแบบไม่ได้มาตรฐาน ปริมาณไลซีนที่พบก็จะยิ่งน้อยมากคือ

มีประมาณครึ่งหนึ่งของกากงาที่นำเข้าจากพม่าและที่อ้างอิงโดย NRC (1984 ; 1.23% vs 2.58 และ 2.97% of CP ตามลำดับ) ซึ่ง Canale et al. (1975) บ่งว่าการย่อยได้ของไลซีนในกากงามีเพียง 67% ต่ำกว่าใน Mustard oilcake และ Linseed (Hossain and Jauncey, 1989) ส่วนการย่อยได้ของกรดอะมิโนชนิดอื่น มีปริมาณใกล้เคียงกัน คือเฉลี่ย 81% และมีค่า True amino acid availability value 35% ซึ่งถือว่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับพืชที่ให้น้ำมันด้วยกัน โดยกากถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 92% ใกล้เคียงกับแหล่งโปรตีนจากสัตว์ชั้นดี (94% , Yamazaki and Kamata, 1986) อย่างไรก็ดีกากงาจะมีเมทไธโอนีน (Methionine) และอาร์จินีน (Arginine) สูง (Ensminger and Olentine, 1978) โดยมีมากกว่ากากถั่วเหลืองเกือบสองเท่า ส่วนกรดอะมิโนชนิดอื่น ๆ มีปริมาณใกล้เคียงกัน ยกเว้นกากงาชนิดที่ยังมีกรรมวิธีการผลิตไม่ดีหรือชนิดที่ให้ความร้อนสูงเกินไป เช่น กากงาชนิดที่ผลิตใช้ในท้องถิ่น (แถวที่ 1 ตามแนวตั้ง, Table 1) ตามการศึกษาของสุชนและบุญล้อม (2535) ซึ่งบ่งว่ากากงามีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่ำกว่าปกติมาก เป็นต้น

Table 1 Chemical composition (% DM BASIS) of sesame meal (SSM)

	Local SSM[1]		Imported SSM			Reference (NRC, 1984)	
	A	B	Black[2]	White[3]		SSM	SBM
				A	B		
DM	93.8	95.3	92.0	94.2	92.5	93.0	89.0
CP	38.1	29.6	39.5	49.3	44.8	47.1	49.4
EE	26.3	24.5	9.9	1.8	7.0	9.2	0.9
CF	12.9	41.0	9.6	8.0	13.0	10.4	5.2
NFE	12.7	-	27.2	27.3	-	-	32.7
Ash	10.0	-	13.8	13.7	-	-	6.8
ME (kcal/g DM)	3.00	-	-	-	-	2.38	2.51
Essential amino acids (% of CP)							
Lys	1.23	-	2.58	-		2.87	6.66
Met	2.62	-	2.78	-		2.74	1.48
Cys	0.34	-	2.10	-		1.34	1.58
Thr	1.44	-	3.37	-		3.76	4.11
Trp	-	-	-	-		1.83	1.42
Ile	2.65	-	3.04	-		4.84	5.45
Leu	5.85	-	6.80	-		7.80	8.02
Phe	3.65	-	3.27	-		5.07	5.16
Tyr	-	-	-	-		4.56	2.91
Val	3.73	-	4.10	-		5.50	5.32

- Data not available.

[1] Produced by a small plant in Chiang Mai. (สุชน และบุญล้อม, 2535 และ 2537)

[2] Imported from Myanmar, extracted using a hydrolic press. (สุชน และบุญล้อม, 2535)

[3] Imported from China, solvent extracted. (สุชน และบุญล้อม, 2536 และ 2537)

การใช้กากงาเป็นอาหารไก่เนื้อ

ในต่างประเทศมีหลายรายงานที่บ่งว่าสามารถนำกากงาไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนเพื่อทดแทนแหล่งโปรตีนจากพืชชนิดอื่นได้ เช่น Baghel and Netke (1987) ใช้กากงาแทนที่กากถั่วเหลืองระดับ ต่าง ๆ ในสูตรอาหารที่มีกรดอะมิโนไลซีน เมทไธโอนีน และซีสตินอย่างพอเพียง เลี้ยงไก่เนื้อช่วงอายุ 2 - 6 สัปดาห์ ในประเทศอินเดีย ปรากฏว่าใช้แทนที่กากถั่วเหลืองได้ครึ่งหนึ่งหรือเท่ากับใช้กากงาในสูตรอาหารระดับ 28% ส่วน Al-Chalabi and Taha (1972) ได้ใช้กากงาที่มีโปรตีน 42.8% แทนที่กากถั่วลิสงที่มีโปรตีน 54.4% เลี้ยงไก่เนื้อตั้งแต่ช่วงอายุ 10 วัน เป็นต้นไป ในประเทศอิรัก ปรากฏว่าสามารถใช้กากงาแทนที่กากถั่วลิสงได้ทั้งหมดหรือเท่ากับใช้กากงาในสูตรอาหารระดับ 23% โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตด้อยลง อย่างไรก็ดีเมื่อนำกากงาไปใช้ร่วมกับกากฝ้ายเพื่อแทนที่กากถั่วลิสง ดังกล่าว โดยลดการใช้กากงาในอาหารให้เหลือที่ระดับ 18% พร้อมกับเสริมด้วยไลซีน 0.5% จะทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ต่างจากผลการศึกษาของ Bell *et al.* (1990) ที่ใช้กากงาแทนที่กากถั่วเหลืองบางส่วนหรือทั้งหมด เลี้ยงไก่เนื้อตั้งแต่อายุ 21 วัน เป็นต้นไป สามารถใช้กากงาแทนที่กากถั่วเหลืองได้เพียง 25% หากใช้ในระดับที่สูงกว่านี้ จะส่งผลให้น้ำหนักตัว และประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยลง ทำนองเดียวกับผลการศึกษาของ Heo *et al.* (1990) ที่ใช้แหล่งโปรตีนจากพืชหลาย ๆ ชนิดรวมทั้งกากงาด้วยไปแทนที่กากถั่วเหลือง จะส่งผลให้น้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงเมื่อเพิ่มระดับการแทนที่สูงขึ้น และยังส่งผลให้ไขมันในช่องท้องและไขมันทั้งตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่สัดส่วนของน้ำและโปรตีนของตัวไก่ลดลง

สำหรับการใช้กากงาเป็นอาหารไก่เนื้อในประเทศไทยนั้น ก็มีรายงานของเยาวมาลย์และคณะ (2531) ได้ทดสอบการย่อยได้เมื่อไก่เนื้อมีอายุต่าง ๆ กันด้วยการให้กินกากงาชนิดที่มีโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ 33.7, 16.3 และ 8.2% ตามลำดับ แบบให้กินล้วน ๆ ก่อนเป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นจึงเริ่มบันทึกผลติดต่อกันเป็นเวลา 3 วัน ปรากฏว่า เมื่อไก่มีอายุมากกว่า 28 วัน จะย่อยสารอาหารจากกากงาได้อย่างเต็มที่ โดยกรณีของพันธุ์ไก่ (Arbre arcres หรือ Hubbard) และกรรมวิธีการผลิตกากงาให้ผลไม่แตกต่างกันนัก (Table 2)

Table 2 Apparent digestibility of nutrients and metabolizable energy (ME) of SSM in broiler (เยาวมาลย์และคณะ, 2531)

Age of birds (days)	Digestibility (%)				ME (kcal/g)
	DM	CP	EE	NFE	
14	42.6[a]	40.0[a]	65.8[a]	53.6[a]	2.31[a]
28	51.4[ab]	42.1[ab]	71.5[b]	59.2[b]	2.54[b]
42	48.8[b]	42.8[ab]	76.0[c]	59.4[c]	2.48[b]
56	60.2[b]	44.8[b]	75.6[c]	60.1[c]	2.50[b]
$\bar{X}$	56.8	43.1	74.6	59.6	2.51

[a-c] Values within a column with no common superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

สุชนและบุญล้อม (2537) ใช้กากงาที่ผลิตจากโรงงานสกัดน้ำมันงาขนาดเล็กแถวจังหวัดเชียงใหม่และชนิดเมล็ดสีขาวที่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยมีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป ใช้ในสูตรอาหารเพื่อแทนที่กากถั่วเหลืองระดับ 0, 50, 75 และ 100% ตลอดระยะการทดลอง หรือเท่ากับใช้กากงาในสูตรอาหารระดับ 0-36% อาหารทดลองทุกสูตรมีโปรตีนและ ME ในแต่ละช่วงอายุ คือ 1-3, 3-6 และ 6-7 สัปดาห์เท่ากันหมด โดยค่าของ ME และกรดอะมิโนที่จำเป็นของกากงาชนิดนำเข้าคำนวณจากค่าที่บ่งไว้โดย NRC (1984) ส่วนกากงาชนิดผลิตในท้องถิ่นใช้ค่าที่บ่งไว้โดยสุชนและบุญล้อม (2535 ข) จึงทำให้เมทไธโอนีนในสูตรอาหารที่ใช้กากงามีปริมาณสูงขึ้นตามการเพิ่มระดับการใช้กากงาในอาหาร ในขณะที่ไลซีนต้องเสริมมากขึ้นเพื่อทำให้ทุกสูตรมีปริมาณเท่ากัน ส่วนผสมของสูตรอาหารที่ใช้ทั้งสามช่วง แสดงไว้ใน Table 3, 4 และ 5 การศึกษาครั้งนี้ใช้เลี้ยงไก่เนื้อจำนวนทั้งสิ้น 840 ตัว เลี้ยงในคอกแบบปล่อยพื้นจำนวน 30 ตัว/คอก มีน้ำและอาหารกินอย่างเต็มที่ ผลปรากฏว่า อัตราการเจริญเติบโตและปริมาณอาหารที่กินลดลงตามการเพิ่มระดับการใช้กากงาในอาหาร จึงส่งผลให้อัตราแลกน้ำหนัก (FCR) ของกลุ่มที่ใช้กากงาระดับต่ำ ไม่แตกต่างจากกลุ่มเปรียบเทียบ โดยเฉพาะกากงาชนิดนำเข้าสามารถใช้แทนที่กากถั่วเหลืองได้ถึงระดับ 75% หรือเท่ากับใช้ในสูตรอาหารระดับ 11 - 16% แต่ถ้าเป็นกากงาชนิดผลิตในท้องถิ่น จะมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วน FCR เมื่อใช้แทนที่กากถั่วเหลืองครึ่งหนึ่ง ให้ผลไม่แตกต่างกัน (Table 6) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้เหตุผลว่าการที่อัตราการเจริญเติบโตลดลงตามการเพิ่มระดับการใช้กากงาในอาหารนั้นน่าจะเนื่องมาจากความสามารถของไก่ที่กินอาหารได้ในแต่ละวัน มีปริมาณลดลงตามระดับการเพิ่มขึ้นของกากงาในอาหาร ซึ่ง Lemerts (1989) อ้างว่ากากงามีรสขม หากนำไปใช้เป็นอาหารไก่หรือสุกร จะทำให้กินอาหารได้น้อยลง ประกอบกับการสร้างสูตรอาหารทดลองในครั้งนี้ ปรับให้มีปริมาณโปรตีนและ ME เท่ากัน จึงทำให้ไก่กลุ่มที่กินอาหารผสมกากงาได้รับสารอาหารต่ำกว่ากลุ่มเปรียบเทียบนอกจากนี้ยังอาจมีผลมาจากความสามารถในการนำสารอาหาร โดยเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็นไปใช้ประโยชน์ในร่างกายอีก ซึ่งพบว่าการย่อยได้ของไลซีนในกากงามีเพียง 67% (Canale et al., 1975) ทำนองเดียวกับ Yamazaki and Kamata (1986) ที่อ้างว่ากากงามี True amino acid available value ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันด้วยกัน จึงมีผลทำให้ไก่เจริญเติบโตช้าลงเมื่อยิ่งเพิ่มกากงาในสูตรอาหาร อย่างไรก็ดีเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของกากงาด้วยกันกลับปรากฏว่ากากงาชนิดผลิตในท้องถิ่นให้สมรรถภาพการผลิตด้อยกว่าชนิดนำเข้า ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากความไม่น่ากินของอาหารในสูตรที่ใช้กากงาชนิดผลิตในท้องถิ่น ซึ่งยังคงมีน้ำมันเหลือในกากมากกว่า (32.9 vs 6.5%) อาหารผสมที่ให้กินจึงชุ่มไปด้วยน้ำมัน ส่งผลให้ไก่กินอาหารได้น้อยลง และอาจมีผลเนื่องมาจากกรรมวิธีการสกัดน้ำมันที่ใช้ความร้อนและระยะเวลาที่เมล็ดงามากเกินไปทำให้สารอาหารที่มีในกากจากกรรมวิธีการผลิตดังกล่าวถูกทำลายไปมาก ซึ่งตามสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้ปรับสมดุลเฉพาะปริมาณไลซีนและเมทไธโอนีน ส่วนกรดอะมิโนที่จำเป็นชนิดอื่น เช่น ทรีโอนีน (Threonine) หรือทริพโตเฟน (Tryptophan) มิได้มีการปรับสมดุลด้วย จึงอาจส่งผลให้ไก่ได้รับสารอาหารเหล่านั้นในปริมาณน้อย จนไม่สามารถทำให้ไก่มีอัตราการเจริญเติบโตตามปกติได้

Table 3 Composition and nutrient contents of broiler diets during day 8-21 (1-3 weeks) of age. (สุรพล และบุญล้อม, 2537)

	Control	Local SSM(%)			Imported SSM(%)		
In diet	-	16	27	36	11	16	21
Substitute SBM	-	50	75	100	50	75	100
Ingredients							
SSM[1/]	-	17.72	26.86	36.00	10.55	15.98	21.41
Soybean meal, SBM (44% CP)	20.00	10.00	5.00	-	10.00	5.00	-
Yellow corn	60.84	52.94	48.69	44.48	60.12	59.69	59.12
L-Lysine	-	0.18	0.29	0.41	0.16	0.23	0.31
Others[2/]	19.16	19.16	19.16	19.16	19.16	19.16	19.16
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated chemical composition, (% as fed basis)							
Crude protein	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
ME (kcal/kg)	3000	3020	3030	3040	2990	2990	2980
Ether extract	3.97	9.44	12.25	15.06	4.55	4.85	5.15
Crude fiber	4.61	5.28	5.64	5.89	5.18	5.49	5.79
Calcium	1.14	1.46	1.63	1.80	1.32	1.42	1.51
Avai. phosphorus	0.52	0.57	0.59	0.62	0.55	0.56	0.57
Lysine	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Methionine	0.50	0.59	0.64	0.69	0.56	0.60	0.63

[1/] Local and imported SSM contained 28.2 and 41.4% CP, 32.9 and 6.5% EE, and 9.5 and 12.6% CF, respectively.

[2/] In each group contained (in %) : rice bran 7, fish meal 11, oyster shell 0.6, DL-methionine 0.06, salt 0.25 and premix 0.25

Table 4 Composition and nutrient contents of broiler diets during day 22 - 42 (3-6 weeks) of age. (สุชน และคณะ, 2537)

	Control	Local SSM(%)			Imported SSM(%)		
In diet	-	16	24	32	10	15	19
Substitute SBM	-	50	75	100	50	75	100
Ingredients							
SSM[1/]	-	16.30	24.46	32.62	9.66	14.52	19.35
Soybean meal, SBM (44% CP)	17.34	8.92	4.46	-	8.92	4.46	-
Yellow corn	65.06	57.48	53.68	49.88	54.18	53.71	53.28
L-Lysine	-	0.20	0.30	0.40	0.14	0.21	0.27
Others[2/]	17.10	17.10	17.10	17.10	17.10	17.10	17.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated chemical composition, (% as fed basis)							
Crude protein	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
ME (kcal/kg)	3040	3050	3055	3060	3020	3020	3010
Ether extract	4.02	9.04	11.55	14.06	4.55	4.82	5.08
Crude fiber	4.65	5.28	5.60	5.92	5019	5.46	5.73
Calcium	0.90	1.20	1.35	1.50	1.07	0.16	0.24
Avai. phosphorus	0.40	0.45	0.47	0.49	0.43	0.44	0.45
Lysine	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Methionine	0.38	0.46	0.50	0.54	0.44	0.47	0.49

[1/] See Table 3

[2/] In each group contained (in %) : rice bran 8, fish meal 8, oyster shell 0.6, salt 0.25 and premix 0.25.

Table 5 Composition and nutrient contents of broiler diets during day 43 - 49 (6-7 weeks) of age. (สุพจน และบุญยืน, 2537)

	Control	Local SSM(%)			Imported SSM(%)		
In diet	-	12	18	25	7	11	15
Substitute SBM	-	50	75	100	50	75	100
Ingredients							
SSM[1/]	-	12.30	18.45	24.60	7.30	10.95	14.60
Soybean meal, SBM (44% CP)	13.46	6.73	3.36	-	6.73	6.36	-
Yellow corn	70.44	64.72	61.86	58.99	69.77	69.43	69.09
L-Lysine	-	0.15	0.23	0.31	0.10	0.16	0.21
Others[2/]	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated chemical compostion, (% as fed basis)							
Crude protein	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
ME (kcal/kg)	3090	3100	3105	3110	3080	3075	3070
Ether extract	4.10	78.89	9378	11.68	4.50	4.70	4.90
Crude fiber	4.60	4.98	5.22	5.15	4.91	5.11	5.31
Calcium	0.81	1.04	1.15	1.27	0.94	1.00	1.07
Aval. phosphorus	0.37	0.40	0.42	0.43	0.38	0.39	0.40
Lysine	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Methionine	0.34	0.40	0.43	0.46	0.38	0.40	0.42

[1/] See Table 3

[2/] In each group contained (in %) : rice bran 8, fish meal 7, oyster shell 0.6, salt 0.25 and premix 0.25.

Table 6 Production performance of 7 week-old broilers fed diets containing either Kind of SSM (สุชน และบุญล้อม, 2537)

SSM substitution for SBM (%)	Body weight gain (kg)	Feed intake (kg)	FCR	Mortality (%)	Feed cist1/ (Bt/kg. wt gain)
0	1.84[a]	4.15[ab]	2.28[c]	11.7[a]	14.45
Local SSM					
50	1.69[b]	3.81[cd]	2.26[c]	5.8[ab]	14.28
75	1.52[c]	3.60[d]	2.37[b]	1.7[b]	14.79
100	1.11[d]	2.86[e]	2.58[a]	5.8[ab]	15.89
Imported SSM					
50	1.81[ab]	4.16[a]	2.31[bc]	9.2[ab]	14.51
75	1.76[ab]	4.04[abc]	2.30[bc]	5.0[ab]	14.19
100	1.65[bc]	3.89[bc]	2.37[b]	8.3[ab]	14.38

[a,b,c] See Table 2

1/ Price of ingredients (Bt/kg) : commercial broiler diet 7.30, yellow corn 3.90, rice bran 5.20, local SSM 5.50, imported SSM 6.40, SBM 10.20, fish meal 15.90, oyster shell 1.50, DL-Methionine 100, L-Lysine 70, salt 2.00 and premix 160.00

สำหรับผลทางด้านคุณภาพซาก เมื่อสุ่มฆ่าไก่ทดลองที่อายุ 7 สัปดาห์ แล้วชั่งน้ำหนักซากที่ไม่มีส่วนของอวัยวะภายในรวมอยู่ด้วยชั่งน้ำหนักตับและไขมันในช่องท้องคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวเมื่อมีชีวิตผลเฉลี่ยทั้งสองเพศแสดงใน Table 7 ปรากฏว่าไขมันในช่องท้องมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับการใช้กากงาในอาหาร โดยการใช้กากงาชนิดผลิตในท้องถิ่นมีการเพิ่มขึ้นมากกว่าชนิดนำเข้า โดยเฉพาะการใช้ที่ระดับสูง (แทนที่กากถั่วเหลืองทั้งหมด) มีปริมาณไขมันในช่องท้องสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ (4.21 vs 3.09% ตามลำดับ) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอาหารดังกล่าวมีไขมันในระดับสูง (Table 3-5) ไขมันที่ได้รับนี้จะถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของร่างกาย แต่เนื่องจากปริมาณโปรตีนในอาหารถูกปรับให้เท่ากันทุกสูตรไขมันในส่วนที่เหลือจึงถูกนำไปสะสมไว้ในรูปของไขมันในช่องท้องกับส่วนที่ห่อหุ้มอวัยวะต่าง ๆ ตามร่างกาย (Kubena *et al*., 1974) ในทำนองเดียวกันกากงาชนิดน้ำเข้า ซึ่งมีปริมาณน้ำมันเหลือในกากต่ำกว่ากากงาชนิดผลิตในท้องถิ่นมาก เมื่อนำไปใช้ผสมในสูตรอาหารพบว่ามีปริมาณสูงกว่าสูตรควบคุมเพียงเล็กน้อย (0.5-1.1%) ไขมันที่สะสมในช่องท้องจึงไม่ต่างจากกลุ่มเปรียบเทียบ โดยให้ผลขัดแย้งกับรายงานของ Bell *et al*. (1990) และ Hco *et al*. (1990) ที่อ้างว่าไขมันในช่องท้องและไขมันทั้งตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้กากงา ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของกากงาที่นำมาใช้ทดลองต่างกัน นอกจากนี้ในเรื่องสัดส่วนของน้ำและโปรตีนของตัวไก่ลดลงเมื่อใช้กากงานั้น ในการศึกษาครั้งนี้กลับพบว่าเปอร์เซ็นต์ซากให้ผลไม่แตกต่างกัน ส่วนน้ำหนักตับมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อใช้กากงาในอาหาร ในกรณีเรื่องเพศก็ไม่พบว่ามีผลต่อคุณภาพซาก

สำหรับผลทางด้านอัตราการตายตลอดระยะการทดลอง (7 สัปดาห์) ที่ปรากฏว่ามีจำนวน

ค่อนข้างสูง (2 - 12%) นั้น มีผลเนื่องจากสภาพความแปรปรวนของอากาศในช่วงทดลอง เช่น อากาศหนาวจัดในช่วงกลางคืน และร้อนมากในช่วงบ่าย ซึ่งไก่ที่ตายส่วนใหญ่เป็นพวกตัวโต ดังจะเห็นได้จากกลุ่มเปรียบเทียบที่มีไก่ขนาดตัวใหญ่มาก มีเปอร์เซ็นต์ตายมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ในขณะที่พวกไก่ตัวเล็กกลับตายเพียงเล็กน้อย (Table 6) อย่างไรก็ดี การใช้กากงาทั้งสองชนิดดังกล่าว ไม่มีผลเสียต่อเรื่องอัตราการตาย สอดคล้องกับอีกหลาย ๆ รายงานที่มิได้บ่งถึงผลเสียจากการใช้กากงาต่ออัตราการตาย

Table 7 Dressing percentage and weight of liver and abdominal fat of 7 week-old broilers fed diets containing either kind of SSM (สุชน และบุญล้อม, 2537)

SSM substitution for SBM (%)	Dressing Percentage	Liver	Fat1/
		% Body weight	
0	7.1[a]	2.53[a]	3.09[b]
Local SSM			
50	78.6[a]	2.85[a]	3.66[ab]
75	76.7[a]	2.89[a]	4.12[a]
100	77.9[a]	3.09[a]	4.21[a]
Imported SSM			
50	77.6[a]	3.25[a]	2.80[b]
75	78.8[a]	3.39[a]	3.07[b]
100	76.7[a]	3.29[a]	3.27[ab]
ave. value of male	76.91±0.75	3.03±0.25	3.37±0.45
ave. value of female	77.79±1.16	3.05±0.39	3.55±0.69

a,b,c, See Table 2

1/ Abdominal plus visceral fat

จากการศึกษาดังกล่าว เมื่อคำนวณต้นทุนการผลิต โดยพิจารณาเฉพาะต้นทุนค่าอาหารอย่างเดียว ตามราคาเฉลี่ยที่ซื้อขายกันในท้องตลาด กากงาชนิดผลิตในท้องถิ่นและชนิดนำเข้ามีราคากิโลกรัมละ 5.50 และ 6.40 บาท ในขณะที่กากถั่วเหลืองมีราคา 10.20 บาท/กิโลกรัม ปรากฏว่าอาหารผสมมีราคาถูกลงตามการใช้กากงาในอาหาร แต่ไม่มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตเนื้อไก่ต่ำลงเมื่อใช้กากงาชนิดผลิตในท้องถิ่นระดับสูง ทั้งนี้เนื่องจากผลของกากงาชนิดดังกล่าวทำให้ไก่ไม่โตและมีประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง ส่วนกากงาชนิดนำเข้าให้ต้นทุนการผลิตไม่ต่างจากกลุ่มเปรียบเทียบแต่จะได้ไก่ที่มีน้ำหนักตัวน้อยลงบ้างเล็กน้อย (Table 6)

ศักยภาพการใช้กากงาเป็นอาหารไก่เนื้อ

งา เป็นพืชน้ำมันที่สำคัญของเขตร้อนและกึ่งร้อนมี จีน อินเดีย พม่า เป็นแหล่งผลิตใหญ่ ส่วนไทยจัดอยู่ในกลุ่มที่ผลิตอันดับรองลงมา งา

มีรากแก้วและรากฝอยจำนวนมาก ขึ้นได้ดีในดินหลายประเภท ทนแล้งในช่วงสั้น ๆ ได้ ไม่ชอบสภาพน้ำขัง ชอบอากาศร้อนและแดดจัด เป็นพืชอายุสั้น มีความต้องการน้ำน้อย จึงเหมาะต่อการส่งเสริมให้เกษตรกรไทยเพาะปลูกในช่วงหน้าแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าว (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม) โดยใช้ปลูกทดแทนข้าวนาปรังที่ต้องใช้น้ำจำนวนมากได้

กากงา เป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันออก มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งแตกต่างกันออกไปตามกรรมวิธีการสกัดน้ำมันและชนิดของเมล็ดงาที่ใช้ กล่าวคือ กากงาชนิดที่ผลิตเองในท้องถิ่นแบบสกัดน้ำมันด้วยวิธีกล มีคุณค่าทางโภชนาการเทียบเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง (%DM) ดังนี้ :-โปรตีน 29.6 ไขมัน 34.5 เยื่อใย 10.0 และพลังงานใช้ประโยชน์ 3.0 kcal/g DM ส่วนกากงาชนิดเมล็ดสีขาวที่ได้จากการสกัดน้ำมันด้วยสารเคมี ซึ่งนำเข้าจากประเทศจีนมีโปรตีน ไขมัน และเยื่อใยเท่ากับ 44.8, 7.0 และ 13.6% DM ตามลำดับ เมื่อนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่เนื้อ ปรากฏว่า กากงาชนิดนำเข้าสามารถใช้แทนที่กากถั่วเหลืองได้ที่ระดับ 75% หรือเทียบเท่ากับใช้ในสูตรอาหารระดับ 16, 15 และ 11% ในช่วงไก่อายุ 1 - 3, 3 - 6 และ 6 - 7 สัปดาห์ โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต ในขณะที่กากงาชนิดผลิตเองในท้องถิ่นไม่แนะนำให้ใช้เป็นอาหารไก่เนื้อเนื่องจากทำให้สมรรถภาพการผลิตด้อยลงยกเว้นจะมีการศึกษาการใช้ในระดับที่ทดแทนกากถั่วเหลืองต่ำกว่า 50% หรืออาจต้องเข้มงวดในขั้นตอนการสกัดน้ำมัน เช่น การใช้ความร้อนที่ไม่สูงและนานเกินไป เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ, สาโรช ค้าเจริญ, เชิดชัย รัตนเศรษฐากุล, ปัญญัติ เหล่าไพบูลย์, สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์, อภิชัย ศิวประภากร, พิทักษ์ ศรีประยา, สมพงษ์ ฉายทุทธ, พรรณศรี สากิยะ และบุญตา ธรรมบุตร. (2531). การศึกษาการย่อยได้ของงาและกากเมล็ดงาในอาหารสัตว์เล็ก. ใน การใช้วัสดุในท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์, รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการโครงการอาหารสัตว์ ไทย-เยอรมัน, หน้า 55-68, ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2535) การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีก 2. ไก่ไข่. ว.เกษตร 8(3) : 295-308.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2536). การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีก 3. ชนิดเมล็ดสีขาว. ว.วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 10(3) : 27 - 36.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2537). การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีก 4. ไก่เนื้อ. ว.วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 11(1) : กำลังพิมพ์.

Aboul, E.S.S., Samy, M.S. Sherif S.U. and Farid. F.A. (1986). Amino acids of some feed ingredients commonly used in poultry rations. Ann. Agric. Sci. (Cairo) 31(2) : 1649-1662.

Al-Chalabi, K. and Taha. Z. (1972). Oilmeals from groundnut, sesame and cottonseed as the main source of plant protein in feeds for broilers in Iraq. Archiv fur Geflugelkunde 36(1) : 21 - 24.

Baghel. R.P.S. and Netke. S.P (1987). Economic broiler ration based on vegetable proteins. Indian J. Anim. Nutr. 4(1) : 24-27.

Bell, D.E., Ibrahim, A.A. Denton, G.W. Long G.G. and Bradley G.L. (1990). An evaluation of sesame seed meal as a possible substitute for soybean oil meal for feeding broilers. Poultry Sci. 69 (Suppl.1) : 157.

Boekenoogen, H.A. 1968. Analysis and Characterization of Oils, Fats and Fat Products, Vol. 2. Interscience Publishers, London, UK. 681 p.

Canale, A., Turi R.M. and Valente M.E. (1975). Apparent digestibility of the amino acids of sunflower and sesame oil meals by hens. Rivista di Zootecnia e Veterinaria, No 4, pp 335-343.

Ensminger, M.E. and Olentine, C.G. Jr. (1978). Feeds and Nutrition. 1st Ed. The Ensminger Publishing Company. California, USA. 824 p.

FAO. (1993). Trade Year book. FAO statistics Serics, No. 121. UN, Rome, p 220.

Heo, C.K., Lee J.Y. and Lee, Y.C. (1990). Feeding value of various plant oil meals as a substitution of soybean meals in broiler diet. Korean J. Anim. Nutr. Feedst. 14(1):14-19.

Hossain, M.A. and Jauncey K. (1989). Studies on the protein, energy and amino acid digestibility of fish meal, mustard oilcake, linseed and sesame meal for common carp *(Cyprinus carpio L.)*. Aquaculture 83 (1-2) : 59-72.

Kubena, L.F., Chen T.C., Deaton J.W. and Reece F.N. (1974). Factors influencing the quality of abdominal fat in broilers 3. Dietary energy levels. Poultry Sci. 53 : 974 - 978.

Lenmerts, L. (1989). Sesame cake/expeller and sesame oilmeal. Muhle + Mischfuttertechnik 126(17):240-241.

NRC (National Research Council). 1984. Nutrient Requirements of Poultry, 8th Ed. National Academy Press. Washington, D.C., USA. 71 p.

Yamazaki, M. and Kamata H. (1986). Amino acid availability of feed ingredients for poultry. Japanese Poultry Sci. 23(3):147-156.

การปลูกพืชสมุนไพรในสวนป่า

พิทยา สรวมสิริ[1/]
Pittaya Sruamsiri[1/]

ความสำคัญของพืชเสริมรายได้ในการปลูกสวนป่า

การปลูกสวนป่า นับเป็นอาชีพเกษตรกรรมใหม่ที่กำลังได้รับการส่งเสริมอย่างมากจากรัฐบาล และเป็นอาชีพที่เกษตรกรให้ความสนใจเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้ เนื่องจากเมื่อเทียบกับการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ที่เกษตรกรคุ้นเคย การปลูกไม้ยืนต้นลักษณะสวนป่า จะมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า ใช้แรงงานดูแลรักษาน้อยกว่า มีอัตราเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า แต่จะให้ผลตอบแทนค่อนข้างสูง และปัญหาการตลาดมีน้อย เพราะปัจจุบันประเทศขาดแคลนไม้ใช้สอยค่อนข้างมาก จนต้องนำเข้าจากต่างประเทศในอัตราที่เพิ่มขึ้นทุกปี

อย่างไรก็ตาม การปลูกสร้างสวนป่าก็มีข้อจำกัดในการลงทุนพอสมควร เนื่องจากระยะเวลาที่เกษตรกรจะต้องรอคอย เพื่อให้ต้นไม้ยืนต้นที่ปลูกอยู่มีขนาดโตพอที่จะทำการตัดต้นขายสู่ตลาดได้ ซึ่งข้อจำกัดนี้จะเป็นปัญหาค่อนข้างมาก สำหรับเกษตรกรรายย่อยที่มีพื้นที่ไม่มากนัก และอาศัยรายได้จากพื้นที่การเกษตรที่เป็นสวนป่าเพียงอย่างเดียวในกรณีเช่นนี้การปลูกพืชเสริมรายได้แซมในสวนป่า นับเป็นทางออกที่เกษตรกรควรจะต้องพิจารณาถึงเพราะนอกจากจะเป็นรายได้เสริมแต่ละปีแล้ว ยังเป็นการใช้ประโยชน์จากพื้นที่การเกษตรอย่างเต็มที่ในขณะที่พืชประธานที่เป็นไม้ยืนต้นยังมีอายุน้อย ต้นมีขนาดเล็กอยู่ด้วย นอกจากนี้การปลูกพืชระหว่างแถวไม้ยืนต้นยังเป็นการช่วยกำจัดวัชพืชไปพร้อมกัน และปุ๋ยที่ใส่ให้กับพืชแซมยังช่วยให้ไม้ยืนต้นเจริญเติบโตเร็วขึ้นได้อีก เป็นการยิงปืนนัดเดียวได้นกสองตัว

ข้อควรพิจารณาเลือกพืชแซมในสวนป่า

1. ระบบราก

ควรเป็นพืชที่มีระบบรากตื้นลึกต่างจากพืชประธาน เพื่อป้องกันการแก่งแย่งธาตุอาหารกันระหว่างพืชหลักและพืชแซมพืชที่มีระบบรากตื้น

[1/] คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

ควรได้รับความสนใจมากกว่าเพราะจะดูดกินธาตุอาหารเฉพาะผิวดินเมื่อมีการใส่ปุ๋ยพืชเหล่านี้จะตอบสนองต่อปุ๋ยเร็ว ธาตุอาหารส่วนเกินที่ถูกน้ำฝนชะลงสู่ดินระดับล่างจะเป็นประโยชน์ต่อไม้สวนป่าต่อไป

นอกจากนี้การปลูกพืชแซมซึ่งเป็นพืชอายุสั้นมักจะต้องมีการไถหรือขุดเตรียมแปลงปลูกทุกปี ถ้าระบบรากลึกเกินไป จะต้องเตรียมดินลึก ทำให้ระบบรากของพืชประธานถูกทำลายด้วย

2. ความสามารถทนต่อร่มเงา

พืชเสริมรายได้ที่เราจะนำเข้าไปปลูกแซมในสวนป่า จะนิยมเลือกพืชที่มีทรงพุ่มขนาดเล็ก อาจเป็นพืชฤดูเดียว (ปลูกเก็บเกี่ยวและรื้อแปลงปลูกใหม่ภายใน 1 ปี) หรือพืชหลายฤดู (เมื่อปลูก 1 ครั้ง เก็บเกี่ยวหลายครั้ง) เพราะถ้าเป็นพืชขนาดใหญ่จะเกิดปัญหาทรงพุ่มเบียดกับพืชประธาน เมื่อเป็นพืชขนาดเล็กก็จัดเป็นพืชชั้นล่างของสวนป่า ซึ่งปกติจะได้รับแสงแดดเพียงเล็กน้อย ถ้าพืชแซมเป็นพืชต้องการแดดจัด จะทำให้การเจริญเติบโตและให้ผลผลิตลดลง ผลผลิตมีคุณภาพไม่ดี พืชแซมที่ต้องการแดดจัดจะปลูกได้เฉพาะในปีแรก ๆ เท่านั้นขณะที่ไม้ยืนต้นยังมีขนาดเล็กอยู่ แต่เมื่อสวนป่ามีการเจริญเติบโตดีแล้วควรเลือกพืชที่ทนร่มเงาได้ดี หรือชอบร่มเงา

3. การส่งเสริมกันระหว่างพืชหลักและพืชแซม

ตัวอย่างของพืชแซมที่จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชประธานได้ดี ได้แก่ พืชตระกูลถั่วทั้งหลายที่ระบบรากจะมีจุลินทรีย์มาอาศัยอยู่ในปมราก ทำให้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาเป็นปุ๋ยให้กับต้นไม้สวนป่าได้ หรือพืชแซมที่มีสารช่วยขับไล่แมลงหรือศัตรูพืชสำคัญได้ เช่น ข่า ตะไคร้ ตะไคร้หอม ดาวเรือง เป็นต้น

4. ให้ผลตอบแทนดี มีระบบตลาดรองรับ

การเลือกชนิดพืชยืนต้นสำหรับปลูกสร้างสวนป่า ต้องคำนึงถึงตลาดและราคาฉันใดการเลือกพืชแซมเพื่อเสริมรายได้ก็ควรคำนึงถึงตลาดและราคาฉันนั้น ชนิดพืชแซมที่เหมาะสมควรเป็นพืชที่ให้ผลผลิตสม่ำเสมอตลาดต้องการมาก มีปัญหาในการเพาะปลูกน้อยพืชที่ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น พืชสมุนไพรที่เป็นเครื่องเทศปรุงแต่งอาหารและใช้เป็นยาได้ด้วย จะมีตลาดกว้างขวางกว่าพืชที่มีประโยชน์เฉพาะทางเกินไป พืชท้องถิ่นที่เพาะปลูกได้ง่ายจะทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง และผลตอบแทนเพิ่มขึ้นได้มากกว่าพืชใหม่ ๆ ที่มีปัญหาโรคแมลงต้องใช้ปุ๋ยและแรงงานดูแลรักษามากเกินไป

ชนิดพืชที่ควรเพาะปลูกเป็นพืชเสริมรายได้สวนป่า

ควรเป็นพืชที่มีอายุสั้น ให้ผลตอบแทนเร็ว ในกลุ่มของ

1. พืชสมุนไพร
2. พืชเครื่องเทศ
3. พืชผักพื้นเมือง และผักเศรษฐกิจ
4. พืชไม้ดอก ไม้ประดับ
5. พืชเพื่อหัตถกรรม
6. พืชไร่ต่าง ๆ
7. เห็ดต่าง ๆ

การปลูกพืชสมุนไพรเสริมรายได้ในสวนป่า

1. ความสำคัญทางเศรษฐกิจของพืชสมุนไพร

พืชสมุนไพร คือ พืชชนิดต่าง ๆ ที่สามารถใช้ส่วนใดส่วนหนึ่ง อาจเป็น ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล เมล็ด หรืออาจใช้ทั้งต้นมาทำเป็นยาในการบำบัดอาการป่วยได้ อาจเป็นพืชล้มลุก พืชยืนต้น หรือแม้แต่เห็ดก็จัดเป็นพืชสมุนไพรได้เช่นกัน

ปัจจุบันได้มีการขยายผลการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรเพิ่มขึ้นจากเดิมมาก เป็น

1. สมุนไพรที่ใช้เป็นยารักษาโรค เช่น ว่านหางจระเข้ ฟ้าทลายโจร เสลด-พังพอน ชุมเห็ดเทศ ขมิ้นชัน
2. สมุนไพรที่ใช้เป็นอาหาร เช่น ขมิ้น กระชาย ขิง ข่า ดีปลี เป็นต้น
3. สมุนไพรที่ใช้ทางการเกษตร เช่น สะเดา ตะไคร้หอม ข่า หางไหล
4. สมุนไพรเพื่ออุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมสีธรรมชาติ อุตสาหกรรมเครื่องหอม

จึงทำให้พืชสมุนไพรมีตลาดกว้างขวางและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นกว่าเดิมมาก การเปิดตลาดการค้าเสรีในระดับนานาชาติ ทำให้มีการซื้อขายพืชสมุนไพรเพิ่มมากขึ้นอย่างที่ไม่เคยมีมาก่อน ประเทศไทยเองก็มีการส่งออกพืชสมุนไพรไปขายยังยุโรป สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และออสเตรเลีย ปีละหลายร้อยล้านบาท และก็ต้องนำเข้าพืชสมุนไพรหลาย ๆ ชนิด มูลค่าปีละหลายร้อยล้านบาทเช่นกัน ซึ่งพืชสมุนไพรหลักที่เราส่งออกขาย ได้แก่ ระย่อม คอนดีนส์ แพงพวยฝรั่ง กระวาน เป็นพืชที่ยังไม่มีการเพาะปลูกอย่างเป็นการค้าอย่างจริงจัง เป็นผลผลิตที่เก็บจากป่าทั้งสิ้น ปัจจุบันปริมาณการส่งออกของเราลดลงไปมาก ขณะที่ความต้องการในตลาดโลกเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากป่าไม้ถูกตัดฟัน พืชสมุนไพรป่าถูกทำลายไปเกือบหมด จนรัฐต้องออกกฎหมายควบคุม การเก็บของป่าจึงไม่อาจกระทำได้อีก ดังนั้นพืชสมุนไพรไทยหลายชนิดจึงมีความสำคัญทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นมาในปัจจุบัน

นอกจากนี้ ปัจจุบันประชากรโลกตระหนักถึงพิษจากสารสังเคราะห์ต่าง ๆ มากขึ้น หันมาให้ความสนใจบริโภคสารธรรมชาติแทนถึงแม้จะมีราคาแพงบ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พืชสมุนไพรเครื่องเทศ เครื่องสำอาง และสมุนไพรเพื่อการเกษตร การขยายตัวของอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเหล่านี้ ทำให้ตลาดของพืชสมุนไพรหลาย ๆ ชนิดขยายตัวอย่างน่าสนใจ

2. แนวโน้มการผลิตพืชสมุนไพรไทยในอนาคต

จากความสำคัญทางเศรษฐกิจของพืชสมุนไพรดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าลู่ทางการผลิตพืชสมุนไพรในอนาคตของไทย จะมีความหลากหลายมาก อาจจำแนกเป็น

1) การผลิตเพื่อบริโภคในระดับครัวเรือน ในตลาดท้องถิ่น และตลาดในประเทศ (มูลค่ารวมปีละไม่ต่ำกว่า 1,000 ล้านบาท) ทั้งเพื่อบริโภคสดและอุตสาหกรรม
2) การผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ (มูลค่ารวมปีละหลายร้อยล้านบาท) เช่น ชะเอมเทศ

ตะไคร้หอม เทียนเกล็ดหอย อบเชย ว่านหางจระเข้ ฟ้าทลายโจร

3) การผลิตเพื่อส่งออกขายยังตลาดโลก เช่น พริก ระย่อม หญ้าหนวดแมว ดองดึงส์ ตะไคร้ กระวาน ใบบัวบก แมงลัก ดีปลี หมาก เร่ว พลู ขิง ขมิ้น กระเจี๊ยบแดง มะขามแขก เป็นต้น

การขยายตัวของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ธรรมชาติทั้งในประเทศและต่างประเทศ จะทำให้ความต้องการวัตถุดิบพืชสมุนไพรเพิ่มขึ้นมาก เพื่อให้พอป้อนการทำงานของเครื่องจักรในโรงงาน ซึ่งกำลังความต้องการจะไม่ใช่วันละ 1-2 กิโลกรัม อีกต่อไป แต่จะเป็นวันละ 1-2 ตัน นั่นก็คือการเพาะปลูกพืชสมุนไพรในอนาคตจะเป็นการผลิตระดับอุตสาหกรรม เหมือนกับในกรณีของการเพาะปลูกสับปะรด หรือข้าวโพดฝักอ่อน เพื่ออุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง หรือการปลูกขิงเพื่อส่งโรงดอง อย่างที่เห็นกันอยู่ในปัจจุบัน

แนวโน้มความต้องการพืชสมุนไพรและเครื่องเทศที่สำคัญบางชนิดในตลาดโลก

ชนิดพืช	ปริมาณความต้องการ (ตัน/ปี)	แนวโน้มความต้องการ
พริก	18,000	ค่อนข้างคงที่
พริกยักษ์	15,000	เพิ่มขึ้น
ขิง	50,000	เพิ่มขึ้น
ขมิ้น	7,000-10,000	เพิ่มขึ้น
ลูกผักชี	3,000	เพิ่มขึ้น
ข่า	ไม่ทราบแน่ชัด	เริ่มขยายตัว
ตะไคร้	800-1,300	ค่อนข้างคงที่

แหล่งข้อมูล : รันชัย คีเอกนามกุล. 2535. เครื่องเทศสู่เส้นทางสู่พืชความหวังใหม่. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 7(3) : 42-52

3. ชนิดพืชสมุนไพรที่น่าสนใจสำหรับสวนป่าภาคเหนือ

พื้นที่สวนป่าในจังหวัดภาคเหนือสามารถเพาะปลูกพืชสมุนไพรได้หลายชนิด ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่สวนป่าเหล่านี้ได้รับการพัฒนามาจากพื้นที่การเกษตรในที่ราบลุ่มดั้งเดิม หรือพื้นที่ป่าไม้เก่าที่ถูกบุกเบิกเป็นพื้นที่เกษตรก่อนที่จะเปลี่ยนกลับมาเป็นพื้นที่สวนป่าในปัจจุบัน พื้นที่เหล่านี้แต่เดิมก็เป็นแหล่งต้นกำเนิดของพืชสมุนไพรพื้นบ้านมากมายหลายชนิด ดังที่มีการกล่าวถึงไว้ในตำรายาพื้นบ้าน บทสวดบทคำในพิธีกรรมต่าง ๆมากมาย ดังนั้นการที่จะนำพืชสมุนไพรพื้นบ้านกลับมาปลูกบนพื้นที่เหล่านี้อีกจึงไม่ใช่เรื่องยากแต่อย่างใด แต่ประเด็นปัญหาที่ควรจะต้องพิจารณามากในการคัดเลือกชนิดพืชปลูก ได้แก่

1) ตลาดรับซื้อผลผลิต
2) ความเหมาะสมของสภาพสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ปลูก และระบบชลประทาน

3) แรงงานในการดูแลรักษาและเก็บเกี่ยว

ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว เกี่ยวกับ "ข้อควรพิจารณาเลือกพืชแซมในสวนป่า" ชนิดสมุนไพรที่น่าสนใจสำหรับพื้นที่สวนป่าภาคเหนืออาจจำแนกเป็นกลุ่ม ๆ ได้ดังนี้

1) กลุ่มที่มีแหล่งกำเนิดในป่าภาคเหนือ มีการเก็บขายตลาดอยู่แล้ว แต่ปัจจุบันหายาก เพราะพื้นที่ป่าลดลง เช่น ระย่อม จะค่าน คองดึงหัวขวาน หนอนตายอยาก เป็นต้น

2) กลุ่มที่มีตลาดรองรับชัดเจน มีตลาดกว้าง ต้องการปริมาณมาก ราคาพอปานกลาง เช่น ขิง ข่า ไพล ว่านต่างๆ โกฐต่างๆ เทียนต่างๆ เจตมูลเพลิงแดง ช้าพลู

3) กลุ่มที่มีอุตสาหกรรมยารองรับอยู่ในปัจจุบัน แต่ค่อนข้างมีปัญหาวัตถุดิบไม่เพียงพอ เช่น มะขามแขก ขมิ้น ไพล เป็นต้น

4) กลุ่มพืชเถาเลื้อย ที่อาจใช้ลำต้นไม้สวนป่าเป็นค้างในการยึดเกาะพยุงลำต้น ทำให้ใช้พื้นที่สวนป่าได้คุ้มค่ายิ่งขึ้น เช่น ดีปลี จะค่าน

5) กลุ่มที่สามารถบริโภคสดเป็นเครื่องเทศในชีวิตประจำวัน เช่น พริก แมงลัก โหระพา กะเพรา ตะไคร้ ขมิ้น ข่า ไพล เป็นต้น

จากการสำรวจเบื้องต้นในตัวเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ตลาดผลผลิตแห้งพืชสมุนไพรที่มีปริมาณการซื้อขายมาก มักเป็นพืชสมุนไพรที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งเป็นยาและเป็นเครื่องเทศหรืออาหารได้ด้วย ดังตัวอย่างแสดงในตารางต่อไปนี้

ชนิดพืช	ราคารับซื้อ/กก. (บาท)
ขิง, ข่า	10
ไพล	20
ว่านนางคำ	20-30
ว่านร่อนทอง	20-30
ว่านหัวข้าว (ว่านชักมดลูก)	10
ดีปลี	20-50
ผลมักคี	20
เถาจะค่าน	10-15
กระวาน	150-160
ปะระเหลม	40-50
โกฐต่าง ๆ	80
เทียนต่าง ๆ	10-40
เจตมูลเพลิงแดง	100-250

หมายเหตุ ราคารับซื้อจะแปรผันตามฤดูกาล ภัยธรรมชาติ และการปิดเปิดด่านการนำเข้าสินค้านำเข้าจากประเทศข้างเคียง

การเพาะปลูกพืชสมุนไพรและปัจจัยกำหนดคุณภาพผลผลิต

การเพาะปลูกพืชสมุนไพร เป็นเรื่องที่เกษตรกรทุกคนคุ้นเคยกันดีอยู่แล้ว เพราะมักเป็นพืชพื้นบ้าน โดยทั่วไป ข้อปลีกย่อยที่อาจแตกต่างไปจากการทำเกษตรปกติ คือ การเพาะปลูกไม่ควรมุ่งเน้นปริมาณผลผลิตที่เป็นน้ำหนักสดหรือแห้งเพียงอย่างเดียว ควรมุ่งมั่นถึงคุณภาพผลผลิตในแง่ขององค์ประกอบที่เป็นสารให้กลิ่น สี หรือตัวยาพร้อมๆไปกับคุณภาพในการเก็บรักษาให้อยู่ได้นาน โดยไม่ฝือหรือเสื่อมคุณภาพไป ปัจจัยกำหนดคุณภาพเหล่านี้ ได้แก่

1) **พันธุ์ปลูก**

พืชสมุนไพรเป็นพืชธรรมชาติที่มักไม่ได้รับการคัดเลือกพันธุ์อย่างจริงจังมีการผันแปรทางพันธุกรรมมาก ซึ่งมีผลต่อคุณภาพผลผลิตด้วย อย่างไรก็ตามบรรพบุรุษของเราก็ได้กำหนดชนิดพันธุ์ที่เหมาะสมไว้พอสมควรแล้ว เช่น ขิงที่ใช้ทำยาจะต้องเป็น ขิงเผ็ด ในขณะที่ขิงพันธุ์ที่ปลูกเพื่อบริโภคสดหรือทำขิงดอง จะต้องใช้ขิงหยวก เป็นต้น

2) **ระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโตของต้นพืช**

พืชสมุนไพรที่เป็นพืชฤดูเดียวจะเริ่มสะสมสารออกฤทธิ์ เมื่อมีการเจริญเติบโตไปได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง และมักจะสะสมสารสูงสุดเมื่อเริ่มออกดอก หลังจากนั้นจะสะสมสารมากที่ผลและเมล็ด ขณะที่ที่ใบจะลดลง ในขณะที่พืชหลายฤดูที่มีการขุบตัว และแตกกอใหม่เป็นระยะ เช่น ว่านต่าง ๆ ขิง เอื้องหมายนา พืชเหล่านี้จะสะสมสารออกฤทธิ์ในลำต้นใต้ดิน หรือรากมากที่สุดเมื่อต้นขุบตัว มะขามแขกจะมีสารออกฤทธิ์สูงสุดเมื่อฝักมีอายุ 21-22 วัน ดังนั้น การเก็บเกี่ยวจะต้องให้พอเหมาะกับจังหวะการสะสมสารออกฤทธิ์ด้วย

3) **สภาพสิ่งแวดล้อมและการดูแลรักษา**

พืชสมุนไพรที่ได้รับน้ำมากเกินไป หรือได้รับปุ๋ยมูลสัตว์ ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป มักจะมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วแต่จะมีเนื้อสารออกฤทธิ์น้อย และเมื่อเก็บเกี่ยวมา จะมีอายุการเก็บรักษาสั้น มักฝ่อง่าย ถูกโรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่ายด้วย ปกติการปล่อยให้พืชสมุนไพรกระทบแล้งช่วงหนึ่ง ก่อนเก็บเกี่ยวจะแก้ปัญหาข้างต้นได้ดี อุณหภูมิและความแข็งแสงที่พอเหมาะ จะช่วยให้ต้นสมุนไพรเจริญเติบโตได้ดี และสะสมสารออกฤทธิ์ได้ดีขึ้น แสงมากเกินไปใบจะไหม้ผลผลิตลดลง แสงน้อยไป พืชจะบ้าใบ ใบมีขนาดใหญ่ผิดปกติ แต่ผลผลิตมีคุณภาพต่ำ การลงหัวหรือการเจริญเติบโตของส่วนใต้ดินจะไม่ดี

4) **การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว**

การทำแห้งส่วนของผลผลิตด้วยอุณหภูมิสูงเกินไปแดดจัดเกินไปจะทำให้ตัวสารออกฤทธิ์เสื่อมประสิทธิภาพ ความหอมลดลง การนำหัวขมิ้นไปต้มในน้ำด่างก่อนทำแห้งจะทำให้สีขมิ้นเข้มขึ้นได้ ในขณะที่ถ้าผลผลิตไม่แห้งดีพอจะมีปัญหาการเข้าทำลายของเชื้อราในโรงเก็บได้ พืชสมุนไพรหลาย ๆ ชนิดต้องผ่านขบวนการบ่มผลผลิตหลังเก็บเกี่ยว ก่อนนำไปทำแห้ง จึงจะได้คุณภาพดี เช่น พริก ดีปลี พืชตระกูลมะเขือ-มะแว้ง เป็นต้น

สรุป

การเพาะปลูกพืชสมุนไพรในสวนป่าเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ต่อเกษตรกร เนื่องจากช่วยเพิ่มรายได้ให้กับผู้ปลูกสร้างสวนป่า ในระหว่างที่รอการเก็บเกี่ยวผลผลิตเนื้อไม้จากพืชประธานซึ่งมักต้องใช้เวลาหลายปี การคัดเลือกชนิด

พืชสมุนไพรจะต้องพิจารณาจากหลาย ๆ องค์ประกอบควบคู่กันไป โดยปัจจัยการตลาดควรเป็นตัวชี้นำที่สำคัญที่สุด ควบคู่ไปกับความเหมาะสมของสภาพสวนป่ากับอุปนิสัยการเจริญของพืชสมุนไพร เช่น ร่มเงา สิ่งแวดล้อมด้านอุณหภูมิ ดิน น้ำ การส่งเสริมกันระหว่างสมุนไพรกับพืชประธานความต้องการแรงงานในการดูแลรักษาและเก็บเกี่ยว ซึ่งการตัดสินใจควรดูจากผลตอบแทนที่จะได้จากทั้งพืชสมุนไพรและไม้ยืนต้นของสวนป่าไปพร้อม ๆ กัน

การประดิษฐ์กระดานนับ 100 เมล็ดสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว และสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

100 Seed Counter Designed for Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) and for Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.)

สุรัตน์ นักหอ[1/]

Surat Nuglor[1/]

Abstract : Seed weight was reported as the weight per 1,000 seeds of working sample. Procedure for 1,000 seed's weight determination starting from counting, eight replicates, each of 100 seeds followed by weighing and recording each replicate in grams, calculate the average weight of 1,000 seeds and multiplied by 10. Following this procedure, seed technologist should concentrate on the seed sample and counting 100 seeds by hand which take times and causing more erratum due to longer practices By 100 seed counter designed for mungbean and for soybean make the procedure of 100 seed determination easy and saving times. Determination of 100 seed weight by this counter required an average of 10.5 and 23.4 seconds compared to 45 and 43.7 seconds by hand counting for mungbean and soybean, respectively.

[1/] ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[1/] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

บทคัดย่อ : การหาน้ำหนักของเมล็ดได้จากการนับเมล็ดพันธุ์ตัวอย่าง 100 เมล็ด จำนวน 8 ซ้ำ ชั่งและจดบันทึกน้ำหนักแต่ละซ้ำ นำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย 10 เพื่อจะรายงานผลเป็นน้ำหนัก 1,000 เมล็ด การหาน้ำหนักเมล็ด โดยวิธีดังกล่าวสิ้นเปลืองเวลามากเนื่องจากผู้ปฏิบัติต้องใช้สายตาเพ่งดูเมล็ดและใช้มือนับเมล็ดให้ครบ 100 เมล็ด ซึ่งปฏิบัติงานนานเท่าใดโอกาสความผิดพลาดยิ่งเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการใช้กระดานนับ 100 เมล็ดสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวและสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถช่วยประหยัดเวลาในการนับ 100 เมล็ดโดยใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 10.5 วินาทีสำหรับการนับเมล็ดถั่วเขียวและใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 23.4 วินาทีสำหรับการนับเมล็ดถั่วเหลืองเมื่อเทียบกับการนับด้วยมือใช้เวลาเฉลี่ย 45 วินาที และ 43.7 วินาทีสำหรับเมล็ดถั่วเขียวและถั่วเหลืองตามลำดับ

Index words : น้ำหนักเมล็ด ถั่วเขียว ถั่วเหลือง *seed weight, mungbean (Vigna radiata* (L.) Wilczek), soybean (*Glycine max* (L.) Merr.)

คำนำ

การหาน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ เพื่อประโยชน์ในการคัดเยกเกรดของเมล็ด การคำนวณอัตราของเมล็ดพันธุ์ที่ใช้สำหรับปลูกต่อพื้นที่ตลอดจนถึงการคำนวณผลผลิตต่อพื้นที่เป็นต้น หลักการโดยทั่วไปในการหาน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ที่รายงานในใบรับรองสากล จะใช้น้ำหนักของ 1,000 เมล็ด โดยการนับเมล็ด 100 เมล็ด จำนวน 8 ซ้ำ ชั่งเมล็ดพันธุ์ของแต่ละซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก 100 เมล็ดจากตัวอย่าง 8 ซ้ำแล้วคำนวณค่าเฉลี่ยของ 1,000 เมล็ด โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้คูณด้วย 10 (ISTA, 1976; ISTA, 1985; นงลักษณ์, 2527; นงลักษณ์, 2528)

การนับเมล็ดตัวอย่าง 100 เมล็ด จำนวน 8 ซ้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวและเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเป็นการปฏิบัติที่ล่าช้ามาก ใช้เวลานาน ยิ่งนับเมล็ดตัวอย่างนานเท่าใดโอกาสเกิดความผิดพลาดย่อมมีมากขึ้นเพราะผู้ปฏิบัติเมื่อยล้า เนื่องจากต้องใช้สายตาเพ่งมองและใช้มือนับเมล็ดไปพร้อม ๆ กัน การใช้กระดานนับ 100 เมล็ดที่ประดิษฐ์ขึ้นสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวและเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง จะช่วยแก้ไขปัญหาในการนับ 100 เมล็ดตัวอย่างโดยไม่ผิดพลาดและกระทำได้รวดเร็ว ซึ่งกระดานนับ 100 เมล็ดนี้สามารถประดิษฐ์ได้เอง ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายสามารถช่วยประหยัดเวลาในการปฏิบัติเกี่ยวกับการนับเมล็ดดังกล่าวได้

วัสดุอุปกรณ์

1. ไม้เนื้ออ่อนขนาดกว้าง x ยาว x หนา ตามรายการ A-D ดังนี้

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

A ไม้ขนาด 17.0 x 22 x 1.5 ซม.
ด้ามมือถือยาว 14 ซม.
ตัดให้ได้ขนาดและรูปล่างดังรูปที่ 1 A

B ไม้ขนาด 2.7x22.5x0.8 ซม. จำนวน 2 ชิ้น

C ไม้ขนาด 2.7 x 17 x 0.8 ซม.
เจาะร่องตรงกลางลึก 1.5 ยาว 5.0 ซม.
ดังรูปที่ 1 C

D ไม้ขนาด 2.7 x 17 ซม.
เจาะปลายไม้ด้านหนึ่งให้มีขนาดและรูปร่างเหมือนรูป 1 D

เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

A ไม้ขนาด 11.5 x 11.5 x 0.8 ซม.
ด้ามมือถือยาว 11 ซม.
ตัดให้ได้ขนาดและรูปล่างดังรูปที่ 1 A

B ไม้ขนาด 1.5 x 12.5 x 0.5 ซม. จำนวน 2 ชิ้น

C ไม้ขนาด 1.5 x 11.5 x 0.5 ซม.
เจาะร่องตรงกลางลึก 0.5 ยาว 3.5 ซม.
ดังรูปที่ 1 C

D ไม้ขนาด 1.5 x 11.5 ซม.
เจาะปลายไม้ด้านหนึ่งให้ขนาดและ
รูปร่างเหมือนรูป 1 D

2. สว่านเจาะไม้ พร้อมดอกสว่านเส้นผ่าศูนย์กลาง
2 หุน (1/4 นิ้ว) และ 2.5 หุน (5/16 นิ้ว)

3. ตะปูขนาดเล็ก

4. สีน้ำมันสีขาวและสีดำหรือน้ำตาล

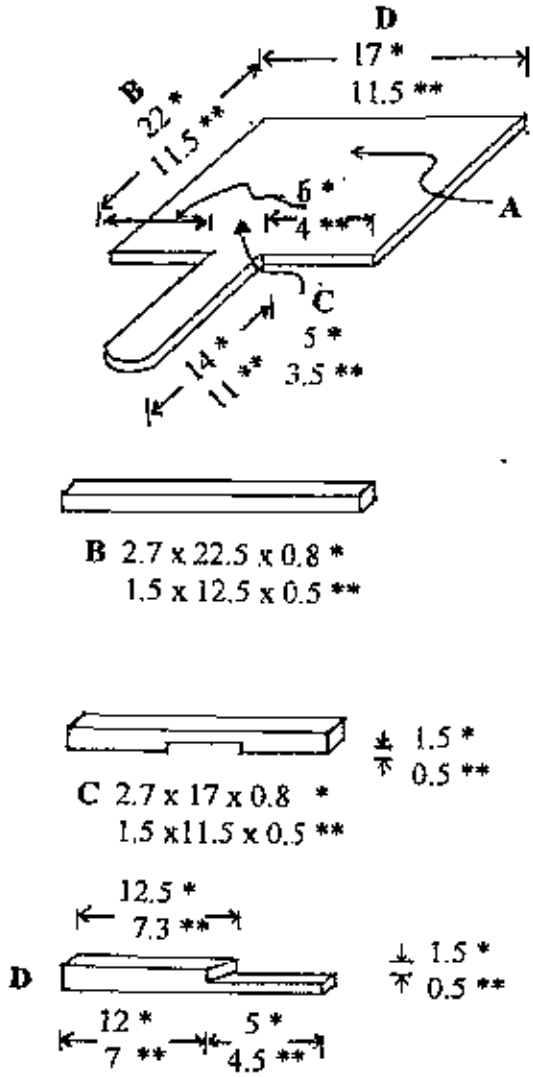


Fig. 1 Dimensions and details of 100 seed counter designed for mungbean (**) and for soybean (*)

วิธีสร้างและประกอบ

1. นำไม้ A มาเจาะรูให้ได้ 100 หลุม (ด้านละ 10 X 10 หลุม) โดยเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ใช้ดอกสว่านที่มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 หุน (5/16 นิ้ว) เจาะหลุมลึก 6 มม. เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวใช้ดอกสว่านที่มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 หุน (1/4 นิ้ว) เจาะหลุมลึก 4 มม.
2. นำไม้ B, C, D มาประกอบบนแผ่น A ตามผังในรูปที่ 1. ใช้ตะปูเล็ก ๆ ตอกให้แน่น
3. ทาพื้น A ด้วยสีขาว ส่วน B,C,D และด้ามมือถือใช้สีเข้ม จะได้กระดานนับ 100 เมล็ด ดังรูปที่ 2

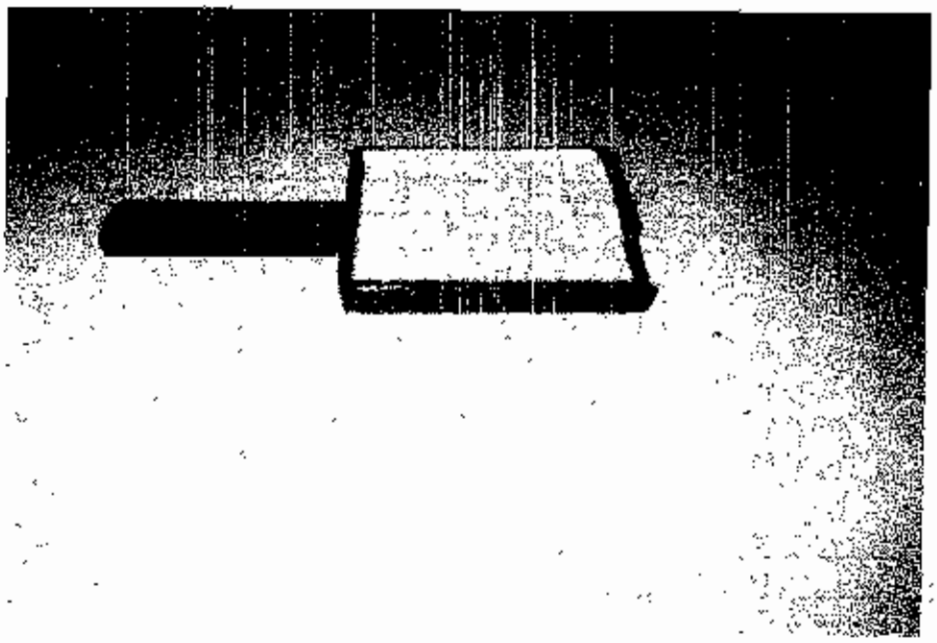


Fig. 2 Picture of 100 seed counter designed for soybean

วิธีใช้

1. นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองหรือเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ต้องการหาน้ำหนักเมล็ดมาเทใส่บนด้าน A
2. เขย่าให้เมล็ดพันธุ์ลงในหลุมที่เจาะไว้ หลุมละ 1 เมล็ด
3. เมล็ดพันธุ์ที่เหลือให้เทออกทางรูเปิดด้าน D
4. เทเมล็ดพันธุ์ที่อยู่ในหลุมลงในถาดหรือภาชนะเพื่อทำการชั่งหาน้ำหนักตัวอย่างของเมล็ด 100 เมล็ด

ประโยชน์

วิธีหาน้ำหนัก 100 เมล็ดโดยใช้กระดานนับเมล็ดแบบนี้พบว่าสามารถช่วยให้การปฏิบัติงานได้รวดเร็ว ช่วยประหยัดเวลาในการนับ 100 เมล็ด โดยใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 10.5 วินาทีสำหรับการนับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเมื่อเทียบกับการนับด้วยมือต้องใช้เวลาเฉลี่ย 45 วินาที ช่วยประหยัดเวลาในการปฏิบัติงานได้ถึง 34.5 วินาที สำหรับการนับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 100 เมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 23.4 วินาทีสำหรับเมื่อเทียบกับการนับด้วยมือซึ่งใช้เวลาเฉลี่ย 43.7 วินาที ช่วยประหยัดเวลาในการปฏิบัติงานได้ถึง 20.3 วินาที (ตารางที่ 1)

Table 1 Times used for 100 seed weight determination of mungbean and soybean by han counting and seed counter

	Time (seconds)			
	Mungbean		Soybean	
Replication	Hand counting	Seed counter	Hand counting	Seed counter
1.	45	14	40	30
2.	48	10	42	30
3.	45	10	44	20
4.	46	11	45	30
5.	40	8	47	20
6.	45	13	45	25
7.	46	10	40	15
8.	45	8	47	17
Average	45	10.5	43.7	23.4

เอกสารอ้างอิง

1. ISTA, 1976. International Rules for Seed Testing. Seed Sci. and Technol. 4: 1-177.
2. ISTA, 1985. International Rules for Seed Testing 1985. Seed Sci. and Technol. 13(2):342-343.
3. นงลักษณ์ ประกอบบุญ. 2527. บทปฏิบัติการการทดสอบเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 97 หน้า.
4. นงลักษณ์ ประกอบบุญ. 2528.การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์. สำนักพิมพ์ไอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ. 316 หน้า.

การประดิษฐ์เครื่องมือช่วยฉีกกระดาษเพาะเมล็ดพันธุ์

Towel Paper Dispenser Designed for Germination Test

สุรัตน์ นักหล่อ [1/]
Surat Nuglor [1/]

Abstract : Between paper (B.P.) is one method for seed germination test which needs three pieces, with the same length, of paper substrata to make a roll or one replication. Difficulty found during preparation of paper substratum is a manual rending of paper from a roll of towel paper that take times and get only one piece of paper. Towel paper dispenser could be a great help for seed technologist in germination test. It's easy to build with low costs, saving times and three pieces of paper substrata will receive.

บทคัดย่อ : วิธีทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการโดยวิธีระหว่างกระดาษ ต้องใช้กระดาษเพาะที่มีความยาวเท่ากันทั้งหมด 3 แผ่นหรือเท่ากับ 1 ซ้ำของการทดสอบ ความยุ่งยากในการเพาะแบบนี้ คือ การเตรียมกระดาษเพาะ โดยต้องทำการฉีกกระดาษเพาะจากม้วนของกระดาษเช็ดมือ (Towel Paper) ให้ได้ความยาวเท่า ๆ กันซึ่งจะฉีกได้ครั้งละ 1 แผ่นเท่านั้น ทำให้สิ้นเปลืองเวลาในการเตรียมกระดาษเพาะมาก ดังนั้นการประดิษฐ์เครื่องมือช่วยฉีกกระดาษเพาะเมล็ดพันธุ์จากวัสดุที่หาได้ง่าย ต้นทุนต่ำ สามารถสร้างและประกอบได้เองจะช่วยให้การฉีกเตรียมกระดาษเพาะเมล็ดได้รวดเร็วครั้งละ 3 แผ่นซึ่งประหยัดเวลาขึ้นมาก

Keyword : กระดาษเพาะเมล็ดพันธุ์ การเพาะเมล็ดพันธุ์ towel paper, germination test

คำนำ

ในการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ตามวิธีมาตรฐานซึ่งสมาคมผู้ตรวจสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA, 1985) และสมาคมผู้ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (AOSA, 1981) ได้กำหนดวิธีเพาะเมล็ดพันธุ์ 3 วิธี คือ การเพาะระหว่างกระดาษ (Between Paper : BP) การเพาะบนกระดาษ (Top of Paper : TP) และการเพาะในทราย (Sand : S) การเพาะเมล็ดแบบระหว่างกระดาษ

1/ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

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

ต้องเตรียมวัสดุเพาะคือกระดาษเพาะเสียก่อน โดยต้องนำม้วนของกระดาษเช็ดมือ (Towel paper) มาฉีกให้มีความยาวเท่ากันประมาณ 40 เซนติเมตร (14 นิ้ว) จำนวน 3 แผ่นต่อการเพาะ 1 ซ้ำ (Replication) กระดาษเช็ดมือชนิดม้วน มีลักษณะเป็นม้วนกลม ความกว้างของม้วนกระดาษ 25.5 เซนติเมตร (10 นิ้ว) มีเส้นผ่าศูนย์กลางม้วนกลม 15 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของรูกระดาษตรงแกนกลางม้วน 2.5 เซนติเมตร การเพาะแบบระหว่างกระดาษซ้ำที่ 1 เริ่มจากการนำกระดาษเพาะทั้ง 3 แผ่นมาชุบน้ำให้เปียก วางกระดาษเพาะ 2 แผ่นแรกไว้ด้านล่าง แล้วนำเมล็ดที่ต้องการเพาะทดสอบความงอกมาเรียงบนกระดาษเพาะ 2 แผ่นนี้ให้มีระยะห่างกันพอสมควร โดยปกติจะเพาะเมล็ด 50 หรือ 100 เมล็ดต่อซ้ำ หลังจากนั้นให้นำกระดาษที่เปียกอีกแผ่นหนึ่งวางปิดทับข้างบนพับขอบล่างของกระดาษเพาะขึ้นประมาณ 1 นิ้ว แล้วม้วนให้พอดี ใช้ยางรัดส่วนปลายของม้วนกระดาษเพาะก่อนนำไปตั้งในตะแกรง (Rack) แล้วเก็บไว้ในตู้เพาะตามอุณหภูมิที่กำหนด ปกติจะทำตัวอย่างละ 4 ซ้ำ (นงลักษณ์, 2527; นงลักษณ์, 2528; จวงจันทร์, 2529)

การเตรียมกระดาษเพาะเมล็ดสำหรับการทดสอบความงอกแบบระหว่างกระดาษดังกล่าวจะกระทำได้ล่าช้ามาก เนื่องจากต้องคอยฉีกกระดาษเพาะจากม้วนของกระดาษเช็ดมือ ซึ่งฉีกได้ครั้งละ 1 แผ่นเท่านั้น เพื่อความสะดวกและรวดเร็ว อาศัยเครื่องมือช่วยฉีกกระดาษเพาะเมล็ดจะช่วยให้การฉีกกระดาษเพาะได้ครั้งละ 3 แผ่น มีความยาวเท่า ๆ กัน สามารถเตรียมกระดาษเพาะเมล็ดได้รวดเร็วและช่วยประหยัดเวลา เครื่องมือนี้สามารถสร้างและประกอบเองได้ ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพง

วัสดุอุปกรณ์

1. ไม้อัดหนา 8 มิลลิเมตร นำมาตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมให้มีขนาด ดังนี้
   (A) 15 x 51 ซม. จำนวน 2 แผ่น
   (B) 15 x 27 ซม. จำนวน 1 แผ่น
   (C) 10 x 25.5 ซม. จำนวน 1 แผ่น
   (D) 25.5 x 73.5 ซม. จำนวน 1 แผ่น
2. ไม้เนื้ออ่อนขนาด กว้าง x ยาว x หนา ขนาดดังนี้
   (E) 6 x 27.5 x 1.5 ซม. จำนวน 1 แผ่น
   (F) 6 x 27.5 x 1.5 ซม. จำนวน 3 แผ่น
3. ตะปู
4. บานพับขนาด 2 นิ้ว จำนวน 1 อัน
5. ท่อเอสล่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 หุน (4/8 นิ้ว) ยาว 25.5 ซม. (10 นิ้ว) จำนวน 3 ท่อน
6. สีน้ำมัน

วิธีสร้างและประกอบ(โปรดดูรูปประกอบ)

1. นำไม้อัด A ทั้งสองแผ่นมาเจาะร่องขอบด้านบน กว้าง 1 ซม. ลึก 1 ซม. โดยวัดระยะตามรูปที่ 1.
2. นำไม้อัด A,B,C,D มาประกอบเป็นรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้ตะปูยึดให้แน่นขณะประกอบไม้ C ควรเหลือช่องว่างทางด้านล่าง D ไว้ โดยมีขอบด้านบนอยู่ในแนวระดับเดียวกัน
3. นำไม้ E มาติดบานพับตรงปลายด้านหนึ่ง แล้วนำไปประกอบกับ D ตรงมุม G ขันสกรูบานพับให้แน่น เมื่อประกอบเสร็จแล้วสามารถยก E ขึ้นลงได้
4. นำไม้ F ทั้ง 3 แผ่นมาตอกตะปูติดกับ D ทางด้านล่าง
5. เหลาไม้ให้กลม แล้วนำไปสอดตรงหัวและท้ายของท่อเอสล่อนให้พอดี โดยให้มีความยาวโผล่ออกมาจากปลายท่อข้างละ 1 ซม. แล้วทำหัวไม้

ปลายท่อที่ไผล่ออกมาเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 1 ซม. ยาว 1 ซม. ใช้คะปูตัวเล็กๆ ยึดท่อเอสล่อนกับแกนไม้ให้แน่น

6. ทาสีน้ำมันตามที่ต้องการ จะได้เครื่องมือช่วยฉีกกระดาษเพาะเมล็ดดังรูปที่ 2

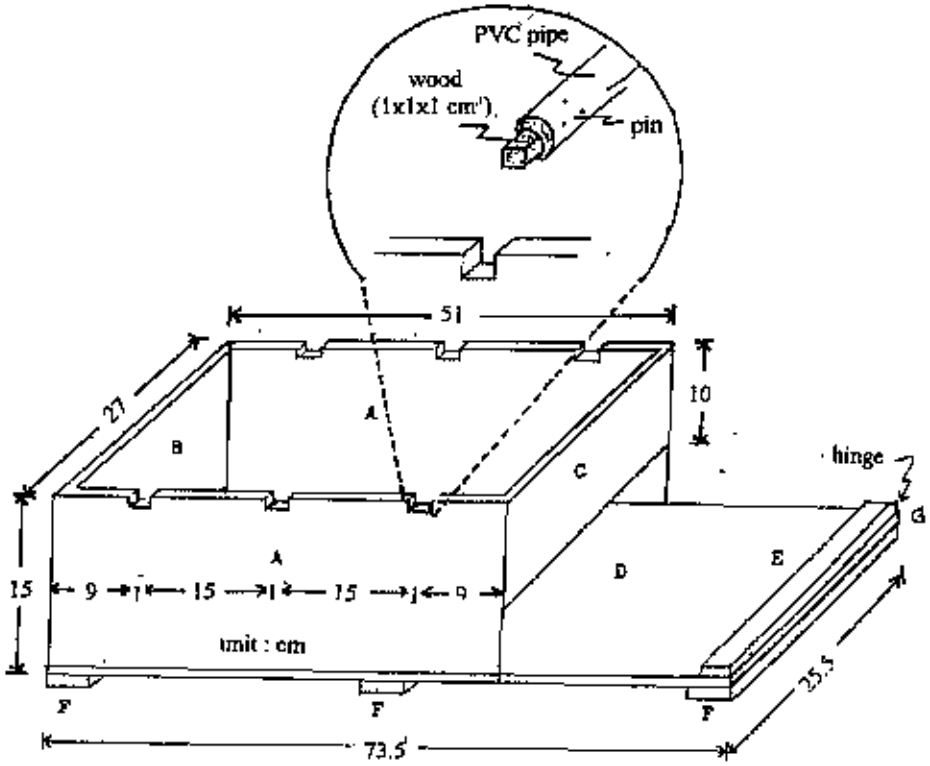


Fig. 1 Diagram and dimension of towel paper dispenser for germination test.

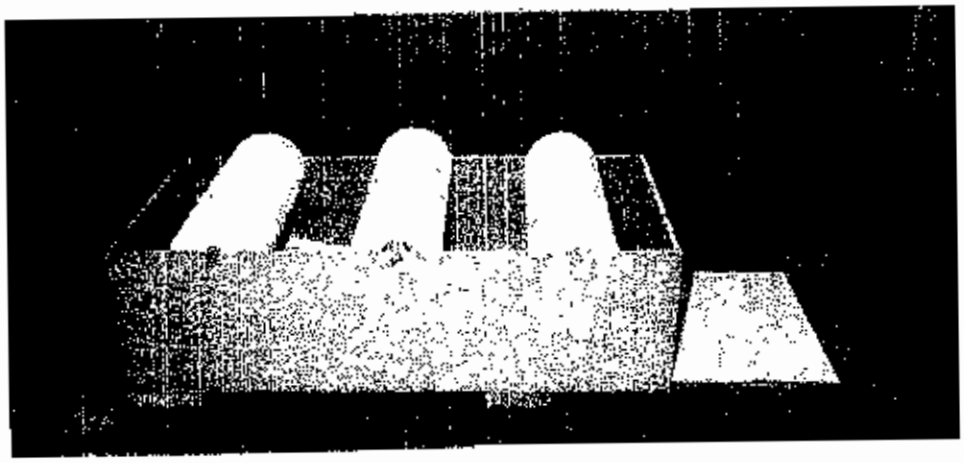


Fig. 2 A picture of the finished towel paper dispenser.

วิธีใช้

1. สอดแกนท่อเอสล่อน ตรงกลางของกระดาษเพาะเมล็ดชนิดม้วน จำนวน 3 ม้วน แล้วนำไปวางต้องเตรียมวัสดุเพาะคือกระดาษเพาะเสียก่อนวางบนร่องด้าน A
2. ดึงปลายของกระดาษเพาะเมล็ดทั้ง 3 ม้วน ลอดผ่านช่องว่างระหว่าง C กับ D โดยดึงปลายของกระดาษให้ตึงและยาวเท่า ๆ กันทั้ง 3 แผ่น
3. ยกไม้ E ขึ้น ดึงกระดาษเพาะเมล็ดให้มีความยาวประมาณ 40 ซม. (14 นิ้ว) แล้ววางไม้ E ลงทับกระดาษเพาะเมล็ดทั้ง 3 แผ่น กดให้แน่น
4. ฉีกกระดาษเพาะเมล็ด จะได้กระดาษเพาะเมล็ด 3 แผ่นต่อการฉีก 1 ครั้ง

ประโยชน์

เครื่องมือช่วยฉีกกระดาษเพาะเมล็ดสำหรับการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ช่วยให้การเตรียมกระดาษเพาะเมล็ด สำหรับการทดสอบความงอกแบบเพาะระหว่างกระดาษ (B.P.)กระทำได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้นโดยช่วยทำให้การฉีกกระดาษเพาะได้ครั้งละ 3 แผ่น ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ง่าย ๆ ราคาไม่แพงในการสร้างและประกอบ ใช้เป็นอุปกรณ์ช่วยในงานด้านการเรียนการสอนและงานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. AOSA. 1981. Rules for Testing Seeds. Association of Official Seed Analysts. J. Seed Technol. 6(2) . 1-26
2. ISTA. 1985. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association. Seed Sci. and Technol. 13 . 322-326.
3. ธวงจันทร์ คางพัดรา. 2529. การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร กรุงเทพฯ. 194 หน้า.
3. นงลักษณ์ ประกอบบุญ. 2527. เทคนิคการทดสอบเมล็ดพันธุ์ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 97 หน้า.
4. นงลักษณ์ ประกอบบุญ. 2528. การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ. 316 หน้า.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 5. ผลของโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ต่อการผลิตแหนม

Nham Product Development Using Mixed Bacterial Starter Cultures 5. Effect of Sodium Nitrate and Sodium Nitrite on Nham Production

ไพโรจน์ วิริยะจารี [1/] *ลักขณา รุจนะไกรกานต์* [1/] *และ อรอนงค์ สำอางค์* [1/]

Pairote Wiriyacharee[1/], *Lakkana Rujanakraikarn*[1/] *and Onanong Sumang*[1/]

ABSTRACT : The use of different level of sodium nitrate and sodium nitrite for Nham production with mixed bacterial starter cultures was investigated. In fact that 500 ppm and 200 ppm of sodium nitrate were used in Nham formulation and 200 ppm and 100 ppm of sodium nitrite were also studied. It was found that the Nham formulation which was composed of 500 ppm of $NaNO_3$ and 200 ppm of $NaNO_2$ was the best formulation for acceptability and the rate of red pink colour development was also better and more quickly than the others. The mean ideal ratio score of overall acceptability of the best one was 0.99+0.05. Additionally, during 48 hours

[1/] คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200.

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

of Nham fermentation, there was a marked decline in the proportion of pH which was 4.05-4.13 at the end of fermentation. On the other hand, there was a rapid increase in total acidity during that period. The acid development was 1.018-1.047% at the last period of Nham fermentation. As a result of this, residual nitrite had also been changing and there was a very small amount of residual nitrite after 48 hours of fermentation (21.66-24.88 ppm). On this basis, it may be concluded that some residual nitrite was reduced and then reacted with myoglobin in meat for Nham colour development.

บทคัดย่อ : การวิจัยครั้งนี้ใช้โซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ ในปริมาณที่แตกต่างกันในสูตรการผลิตแหนม โดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม ซึ่งใช้โซเดียมไนเตรท 500 ppm และ 200 ppm และใช้โซเดียมไนไตรท์ 200 ppm และ 100 ppm พบว่าสูตรการผลิตแหนมที่มีการใช้โซเดียมไนเตรท 500 ppm และใช้โซเดียมไนไตรท์ 200 ppm เป็นสูตรที่มีการยอมรับรวมของผู้บริโภคค่อนข้างดี มีผลต่ออัตราเร็วในการสร้างสีชมพูแดงของผลิตภัณฑ์ที่ดีและรวดเร็วกว่าสูตรอื่นๆ โดยที่มีค่า mean ideal ratio score ของการยอมรับรวมเท่ากับ 0.99+0.05 อีกทั้งพบว่าในระหว่างการหมัก 48 ชั่วโมง ความเป็นกรดเป็นด่างจะลดลงมีค่าสุดท้ายเป็น 4.05-4.13 และค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการหมักจนกระทั่งมีค่าร้อยละ 1.018-1.047 จากการที่ระบบมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นดังกล่าว ปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่จะลดลงเรื่อยๆ คงเหลือเท่ากับ 21.66-24.88 ppm หลังจาก 48 ชั่วโมงของการหมัก ซึ่งปริมาณไนไตรท์ที่หายไป เนื่องจากการไปรวมตัวกับรงควัตถุของเนื้อเพื่อให้เกิดสีปรากฏชมพูแดงของผลิตภัณฑ์

Index words : แหนม การผลิตแหนม Nham, Nham Product Development

คำนำ

การใช้เทคโนโลยีการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในอุตสาหกรรมเนื้อหมักประสบผลสำเร็จในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์แหนม ได้มีการทดลองใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมระหว่างเชื้อแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ กับเชื้อแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ได้ในสูตรของการผลิตแหนมและควบคุมสภาพการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ร้อยละ 97 พบว่า สามารถปรับปรุงคุณภาพแหนม ทำให้การผลิตกรดเป็นไปได้อย่างดี ซึ่งมีผลทำให้คุณภาพของแหนมดีมากในแง่ลักษณะเนื้อสัมผัส (firmness) และสีของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความปลอดภัยสูง (Wiriyacharee, 1990) นอกจากนี้จากการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของแหนมเป็นดัชนีบ่งชี้ที่สำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพของลักษณะเนื้อสัมผัสและสีของแหนม โดยที่เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมประเภทที่เป็นแบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดได้ จะมีผลต่อการลดลงของ pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในช่วงแรกและช่วงหลังการหมัก มีผลทำให้ความแน่นเนื้อมากขึ้น (Firmness development) ส่วนเชื้อแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทเป็นไนไตรท์จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไนเตรทที่เติมลงไปในสูตรการผลิตในช่วงแรกของการหมัก และช่วยเพิ่มค่า Tristimulus values (x, y, z) อีกด้วย (Colour development) Deibel และคณะ (1961) ได้รายงานว่ากิจกรรมของเชื้อในการเปลี่ยนไนเตรทให้เป็นไนไตรท์นั้นควรจะเกิดในระหว่าง 2-16 ชั่วโมงแรกของการหมักทั่วไป ขณะที่การสร้างกรดจะเริ่มขึ้นหลังจาก 8-16 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการ

แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเชื้อแบคทีเรียที่มีส่วนต่อการพัฒนาสีในผลิตภัณฑ์เนื้อ ควรจะมีกิจกรรมเกิดขึ้นก่อนที่จะถูกยับยั้งเนื่องจากสภาพสิ่งแวดล้อมเป็นกรดมากขึ้น เมื่อแหนมมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น ไนไตรท์จะถูกเปลี่ยนเป็นไนตริกออกไซด์ ซึ่งจะรวมตัวกับรงควัตถุในเนื้อ (Myoglobin) และเปลี่ยนเป็นสีชมพูแดงของ ไนโตรโซไมโอโกรบิน (Nitrosomyoglobin) ซึ่งอัตราการเกิดสีชมพูดังกล่าวจะเกิดได้ดีที่ pH 5.0-5.5 (Nurmi, 1966) ดังนั้นการเกิดสีชมพูของแหนมเนื่องมาจากเชื้อแบคทีเรียที่สามารถรีดิวซ์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ ในสภาพที่มีเชื้อแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ร่วมด้วยจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนสีในผลิตภัณฑ์แหนมได้เร็วขึ้น จากการสังเกตุจะเห็นว่าแหนมที่ผลิตโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมดังกล่าวจะเริ่มเปลี่ยนสีจากสีน้ำตาลอ่อนเป็นสีแดงหลังจาก 3 ชั่วโมง นับแต่เริ่มบรรจุลงในถุงพลาสติก

ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสีของแหนมสูตรต่างๆ ที่มีความผันแปรในปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ตลอดจนศึกษาปริมาณของไนไตรท์ที่เหลือเนื่องจากระบบมีความเป็นกรดมากขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมร่วมในกระบวนการ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การวางแผนการทดลองการวิจัยครั้งนี้ได้มีการวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial design โดยมีสารประกอบโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ เป็นปัจจัยหลักในการศึกษา 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 (ตารางที่ 1) และประกอบด้วยสิ่งทดลอง ณ ระดับกึ่งกลางของแต่ละปัจจัย อีก 2 สิ่งทดลอง รวมเป็น 6 สิ่งทดลอง

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

Treatment Coded level	Factors for study	
	$NaNO_3$ (ppm)	$NaNO_2$ (ppm)
+	500	200
0	350	150
-	200	100
(1)	-	-
a	+	-
b	-	+
ab	+	+
cp_1	0	0
cp_2	0	0

a = $NaNO_3$; b = $NaNO_2$; (1) = control; cp = centerpoint

กระบวนการผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม

เนื้อหมูแดงจะถูกนำมาเลาะเอาไขมันออกให้มากที่สุด ล้างทำความสะอาดและสะเด็ดน้ำออกให้มากที่สุด เช็ดให้แห้งด้วยผ้าสะอาดนำมาบดด้วยเครื่องบดเนื้อและนำไปเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียสส่วนหนังหมูนำมาเลาะเอาส่วนไขมันหมูออกให้มากที่สุด นำมาต้มและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 0.1x2-4 เซนติเมตร เก็บในที่ห้องเย็นเช่นกัน ทำการเตรียมกระเทียมสดบดละเอียด พริกไทยป่น พริกขี้หนูบดละเอียด ข้าวหนียวและข้าวเจ้าบดละเอียด กลูโคส เกลือเกง โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โซเดียมอิริโธเบท โซเดียมไนเตรท (ปัจจัยศึกษา) โซเดียมไนไตรท์ (ปัจจัยศึกษา) และผงชูรส โดยเตรียมในสัดส่วนดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ทำการผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสมที่ความเร็ว 40 รอบต่อนาที ประมาณ 1 นาที จึงเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมที่เตรียมขึ้นในสัดส่วนดังตารางที่ 2 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที ประมาณ 2 นาที นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในเครื่อง stuffer และอัดเข้าสู่ถุงพลาสติกรูปทรงกระบอก รัดปลายหัวท้ายให้แน่นด้วยยาง หรือ clips เหล็ก เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

Table 2 Ingredients and quantity for Nham production made with mixed bacterial starter cultures ($NaNO_3$ and $NaNO_2$ as the main studied factors).

Ingredients	Quantity
Meat system:	
Ground lean pork (%)	60
Sliced pork skin (%)	40
Curing agents:	% of meat system
Sodium chloride (NaCl)	3
Sodium nitrate ($NaNO_3$)	0.02-0.05
	(200-500 ppm)
Sodium nitrite ($NaNO_2$)	0.01-0.02
	(100-200 ppm)
Sodium tripolyphosphate ($Na_5P_3O_{10}$)	0.3
Sodium erythobate	0.05
Starter cultures :	cfu/g of meat system
Lactobacillus plantarum	10^8
Pediococcus cerevisiae	10^6
Micrococcus varians	10^3
Carbohydrate source:	% of meat system
Glucose	0.5
Sticky rice	1
Cooked rice	3
Seasonings:	% of meat system
Minced garlic	4
White pepper powder	0.05
Minced bird chilli	1
MSG	0.2

การเตรียมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม

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

ก่อนที่จะนำเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นดังกล่าวไปใช้ในกระบวนการผลิตแหนม สิ่งที่จำเป็นต้องกระทำคือ การตรวจนับจำนวนเชื้อดังกล่าวเพื่อต้องการทราบจำนวน และสามารถนำไปคำนวณว่าควรจะต้องเติมลงในระบบเท่าใด จึงจะเป็นไปตามสัดส่วนที่ต้องการ โดยเชื้อที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้จะถูกตรวจนับในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar ส่วนเชื้อที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ได้ จะถูกตรวจนับในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI agar เมื่อทราบจำนวนคิดเป็น cfu/ml แล้วจะนำมาคำนวณดังนี้

ตัวอย่างแหนมต้องการ *P. cerevisiae* 10^6 cfu/g ดังนั้น 1 กิโลกรัมของแหนมต้องการเชื้อถึง 10^9 cfu แต่ใน stock culture ของ *P. cerevisiae* มี 10^{10} cfu/ml ดังนั้นใน 0.1 ml ของ stock culture จะมีเชื้อ *P. cerevisiae* 10^9 cfu เป็นต้น อย่างไรก็ตาม 0.1 ml ของ stock culture ยากต่อการเติมและผสมผสานให้เข้ากันในกระบวนการ ดังนั้นจึงเติมน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วลงไปอีกประมาณ 2 ml ก่อนเติมลงในกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์ทางเคมีและฟิสิกส์

แหนมที่เตรียมได้ตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น ทุกๆ สิ่งทดลองจะเก็บไว้ในตู้อบเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าทางเคมีและฟิสิกส์ คือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าความเป็นกรดทั้งหมด (Total acidity as lactic acid) และค่าไนไตรท์ที่เหลืออยู่ (residual nitrite) ตามวิธีของ AOAC (1984), Wiriyacharee (1990), Pearson (1976) ตลอดจนวัดค่าของสี โดยใช้ Munsell book of colour ในช่วงเวลาที่ทำการบ่มไว้ 0, 6, 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจะใช้ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 11 ท่าน โดยก่อนที่จะทำการทดสอบชิม ผู้ทดสอบชิมทุกท่านจะได้รับการอธิบายให้มีความเข้าใจตรงกันถึงการประเมินค่าคุณสมบัติต่างๆ ของแหนม แล้วจึงทำการประเมินคุณภาพในลักษณะต่างๆ ดังกล่าวของผลิตภัณฑ์ คือ สีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ (colour) ลักษณะเนื้อที่ปรากฏ (visual texture) ความแน่นเนื้อ (firmness) ความนุ่มเนื้อ (juiciness) ความเนียนเนื้อ (smoothness) ความเค็ม (saltiness) ความเปรี้ยว (sourness) ความมีกลิ่นเครื่องเทศ (spiciness) การยอมรับรวม (overall acceptability) โดยใช้ตัวอย่างที่ทำการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เป็นตัวอย่างทดสอบชิม ซึ่งใช้วิธีการประเมินแบบ Ideal ratio profile ในสิ่งทดลองต่างๆ (Wiriyacharee, 1990; วิริยจารี, 2535)

การวิเคราะห์และแปลผล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองข้างต้น จะนำมาวิเคราะห์ทางด้านสถิติ เช่น Analysis of variance และ stepwise regression analysis โดยใช้ Stat-Packets Package (Walonick, 1987) ซึ่งปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ Stepwise regression analysis จะทำการ coding ดังนี้ ปัจจัยที่มีระดับต่ำ กลางและสูงให้รหัสว่า -1, 0, และ +1 ตามลำดับ อีกทั้งข้อมูลในระหว่างการหมักต่างๆ จะถูกนำมาสร้างกราฟเพื่อศึกษาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงในสิ่งทดลองต่างๆ

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมที่มีการผันแปรปริมาณโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ พบว่าทุกสิ่งทดลองเมื่อทำการผสมส่วนผสมต่างๆ ของแหนมแล้ววัดอุณหภูมิปรากฏว่า อุณหภูมิอยู่ในช่วง 13-20 องศาเซลเซียส เมื่อทำการบรรจุแหนมในถุงพลาสติกเรียบร้อยแล้วปรากฏว่าหลังจาก 3 ชั่วโมง จะมีการเปลี่ยนสีของแหนมจากสีน้ำตาลอ่อนเป็นสีแดง โดยเฉพาะในสิ่งทดลองที่ 4 ที่ใช้ปริมาณไนเตรท 500 ppm และไนไตรท์ 200 ppm (ตารางที่ 3) ซึ่งจากตารางที่ 3 ปรากฏว่าที่เวลาเริ่มต้นหลังจากเสร็จสิ้นการผลิต ค่าของสีเมื่อเทียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐาน แต่ละสิ่งทดลองจะมีค่าสีอยู่ในช่วง 5YR 7/4 ถึง 5YR 7/6 คือ มีสีเหลืองส้มอมน้ำตาลอ่อนและเมื่อเวลาผ่านไปการเปลี่ยนแปลงสีจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะสิ่งทดลองที่ 4 มีสีแดงชมพูหลังจาก 6 ชั่วโมงของการหมัก คือ มีค่าสีเป็น 5R 7/4 และคงมีสีแดงชมพูจางลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลา 48 ชั่วโมงของการหมัก (ตารางที่ 3) ส่วนสิ่งทดลองที่ใช้ไนเตรทในระดับสูง และไนไตรท์ในระดับต่ำ (สิ่งทดลองที่ 2) หรือในทางตรงกันข้ามคือใช้ไนเตรทในระดับต่ำแต่มีไนไตรท์ในระดับสูง (สิ่งทดลองที่ 3) ค่าเปลี่ยนแปลงของสีจะเริ่มมีสีแดงชมพูหลังจาก 12 ชั่วโมงของการหมัก อย่างไรก็ตามการพัฒนาสีของแหนมในสิ่งทดลองจะมีการพัฒนาสีจากสีเหลืองส้มอมน้ำตาลอ่อนเป็นสีแดงชมพูในที่สุดทุกสิ่งทดลอง ยกเว้นบางสิ่งทดลองจะมีการพัฒนาสีค่อนข้างช้า

สาเหตุที่แหนมมีการเปลี่ยนแปลงสีนี้เนื่องมาจากการกระทำของเชื้อ *M. varians* ที่เติมลงไปเป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในการหมักแหนม โดยเชื้อดังกล่าวสามารถรีดิวส์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ในช่วง 0-12 ชั่วโมงแรกของการหมัก หลังจากนั้นในระบบจะมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เชื้อ *M.varians* ถูกยับยั้ง แต่ไนไตรท์จะถูกเปลี่ยนเป็นไนตริคออกไซด์ในเวลาต่อมาและรวมตัวกับรงควัตถุในเนื้อคือ myoglobin และเปลี่ยนเป็นสีชมพูแดงของ nitrosomyoglobin (Nurmi,1966;Wiriyacharee, *et. al.* 1990)

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในแหนมที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมนี้พบว่า ค่าของ pH เริ่มต้นของแหนมมีค่า 6.09-6.15 หลังจากผ่านไปแล้ว 6 ชั่วโมง ค่า pH จะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย หลังจากนั้นจะเริ่มลดลงโดยในช่วง 12-18 ชั่วโมง ค่า pH ของแหนมจะลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้น pH ของแหนมก็จะลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่ง 48 ชั่วโมง จะมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.05-4.13 (ภาพที่ 1) จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ดังกล่าวจะลดลงเมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ ดังสมการ (coded equation) ดังนี้

$\perp$ = 0.1629 + 0.0019 (Time) R^2 = 0.8898

pH

และจากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่า ปริมาณไนเตรท และไนไตรท์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ในระหว่าง 48 ชั่วโมงของการหมักแหนม (ตารางที่ 4) ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของ pH ในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมักพบว่ามีค่า 5.19±0.80 และ 5.20+0.81 เมื่อมีการใช้โซเดียมไนเตรท 500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ และมีค่า 5.21+0.82 และ 5.18±0.80 เมื่อมีการใช้โซเดียมไนไตรท์ 200 ppm และ 100 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดทั้งหมด (Total acidity) คิดเทียบกรดแลคติค ในระหว่างการหมักแหนมนั้น พบว่าค่าความเป็นกรดทั้งหมดของแหนมเริ่มต้นจะมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.506-0.550 หลังจากเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรดทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย หลังจากนั้นในช่วง 18 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรดทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยที่ในเวลา 48 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคจะมีค่าร้อยละ 1.018-1.047 (ภาพที่ 1)

Table 3 Colour change during 48 hours of Nham fermentation using different levels of nitrate and nitrite with mixed bacterial starter cultures.

Treatment	Fermentation time (hours)					
	0	6	12	18	24	48
(1)	5YR 7/4	10R 7/4	6R 6/4	7.5R 7/4	7.5R 7/4	7.5R 7/4
a	5YR 7/4	10R 7/4	5R 7/4	7.5R 7/6	7.5R 7/6	7.5R 7/6
b	5YR 7/6	10R 7/4	5R 7/4	6R 7/6	7.5R 7/4	7.5R 7/4
ab	5YR 7/6	5R 7/4	5R 6/4	5R 6/6	5R 6/6	5R 6/6
cp_1	5YR 7/4	5YR 7/4	5YR 7/4	5YR 7/4	5YR 7/4	5R 7/4
cp_2	5YR 7/4	5YR 7/4	5YR 7/4	5YR 7/4	5YR 7/4	5R 7/4

Y = Yellow ; R = Red

a = $NaNO_3$; b = $NaNO_2$; (1) = control; cp = centerpoint

Table 4 Mean of pH, total acidity and residual nitrite during 48 hours of Nham fermentation made with mixed bacterial starter cultures at different levels of sodium nitrate and sodium nitrite.

Factors	pH	Total acidity as lactic acid (%)	Residual nitrite (ppm)
Sodium nitrate			
500 ppm	5.19±0.80	0.71±0.20	55.21±24.86[*a]
200 ppm	5.20±0.81	0.71±0.19	43.84±18.89[b]
Sodium nitrite			
200 ppm	5.21±0.82	0.72±0.19	68.00±24.81[a]
100 ppm	5.18±0.80	0.70±0.19	41.06±16.68[b]

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

จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่ลดลงในระหว่างการหมักของแหนม การที่ระบบมีความเป็นกรดทั้งหมดนี้เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากเชื้อแบคทีเรียที่ใช้เป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมในกระบวนการผลิตแหนมนี้เป็นเชื้อแบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดแลคติคได้นั่นเอง คือ *L. plantarum* และ *P. cerevisiae* ซึ่งเชื้อทั้งสองชนิดดังกล่าวจะเปลี่ยนแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ในสูตร เพื่อเปลี่ยนเป็นกรดแลคติคในที่สุด (ไพโรจน์ และคณะ, 2536)

จากการวิเคราะห์ทางด้านสถิติ พบว่าค่าความเป็นกรดทั้งหมดดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ ดังสมการ (coded equation) ดังนี้

$$\text{Acidity (\%)} = 0.5082 + 0.0114\ (\text{Time})\quad R^2 = 0.9161$$

และจากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่า ปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ในระหว่าง 48 ชั่วโมงของการหมักแหนม (ตารางที่ 4) ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดทั้งหมดของแหนมในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมัก พบว่า มีค่าร้อยละ 0.71±0.20 และร้อยละ 0.71±0.19 เมื่อมีการใช้โซเดียมไนเตรท 500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ และมีค่าร้อยละ 0.72±0.19 และ 0.70±0.19 เมื่อมีการใช้โซเดียมไนไตรท์ 200 ppm และ 100 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

จากการวัดปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในแหนม พบว่า ที่เวลาเริ่มต้นมีปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในช่วง 40.73-91.37 ppm โดยสิ่งทดลองที่ 3 มีปริมาณมากที่สุด เนื่องจากใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ในสูตรการผลิตในระดับสูง (500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ) เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง ปริมาณไนไตรท์ที่เหลือแต่ละสิ่งทดลองส่วนใหญ่จะเพิ่มขึ้น ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 3 ที่มีปริมาณลดลงเล็กน้อย โดยอยู่ในช่วง 42.59-86.86 ppm หลังจาก 6 ชั่วโมงของการหมัก ปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในทุกสิ่งทดลองจะลดลงเรื่อยๆ อย่างช้าๆ แต่หลังจาก 18

ชั่วโมง ปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในทุกสิ่งทดลองจะลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่ง 48 ชั่วโมงของการหมัก ปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในแหนมจะอยู่ในช่วง 21.66-24.88 ppm โดยที่สิ่งทดลองที่ใช้โซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ ในสูตรการผลิตในระดับต่ำจะเหลือน้อยที่สุด และสิ่งทดลองที่ใช้ในระดับสูงจะเหลือมากที่สุด (ภาพที่ 1)

จุดมุ่งหมายของการเติมโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ลงในสูตรการผลิตแหนมนั้น เพื่อให้สีของผลิตภัณฑ์มีสีแดงชมพู ทั้งนี้เนื่องมาจากไนเตรทจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ โดยการกระทำของเชื้อ M. varians ซึ่งเชื้อดังกล่าวจะสามารถเปลี่ยนไนไตรทเป็นไนไตรท์ ได้ดีในช่วงแรกของการหมัก ที่ pH ยังไม่ลดลงมากนัก คือ ประมาณ 5.4-6.0 และไนไตรท์จะเกิดขึ้นจะเปลี่ยนมาอยู่ในรูป nitric oxide ซึ่งจะรวมตัวกับ myoglobin ได้สาร nitrosomyoglobin (Nurmi, 1966; Wiriyacharee, *et. al.* 1990) ซึ่งมีสีชมพูแดง แต่ไม่คงตัว ตัวมันเองสามารถเปลี่ยนกลับมาอยู่ในรูป metmyoglobin ซึ่งถ้าหากเก็บไปนานๆ จะพบว่าแหนมจะมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของ metmyoglobin ดังกล่าว ดังนั้นในสูตรการผลิตจึงมีการเติม sodium erythobate ลงไปในสูตรการผลิต ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็น reducing agent ซึ่งสามารถป้องกันการเกิด metmyoglobin ในผลิตภัณฑ์ได้ โดยที่สามารถเปลี่ยน metmyoglobin เป็น myoglobin ได้ อย่างไรก็ตามสีแดงชมพูที่เกิดขึ้นในแหนมจะเกิดขึ้นได้นั้นจำเป็นที่ไนไตรท์จะต้องถูกเปลี่ยนไปเป็น nitric oxide ซึ่ง nitric oxide ที่ไม่ไปรวมกับ myoglobin ก็จะสูญหายไป ปริมาณ sodium erythobate ที่มากเกินไป จะทำให้ไนไตรท์มีการแตกตัว มีผลต่อการสูญเสียไนไตรท์ได้ จึงควรระมัดระวังต่อการเติมสาร ดังกล่าวเช่นกัน ควรเติมในปริมาณที่เหมาะสม (ลักขณา, 2533)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่จะลดลงเมื่อเวลาการหมักของแหนมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ และจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณโซเดียมไนไตรท์ที่เติมลงไปในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ ดังสมการ (coded equation) ดังนี้

$$\text{Residual nitrite (ppm) } (NaNO_2) = 0.0120 + 0.0007\,(\text{Time}) - 0.0031$$

$$R^2 = 0.7576$$

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมัก พบว่าในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการทดลอง ปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่จะขึ้นอยู่กับปริมาณโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาร่วมระหว่างโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ เช่นกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ (ตารางที่ 5) อีกทั้งในช่วงท้ายของการหมัก สมการของปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่จะมีแนวโน้มเป็นเส้นโค้ง และเมื่อทำการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่า ปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ ที่ใช้ในสูตรการผลิตแหนมมีผลต่อการหลงเหลือของปริมาณไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ โดยที่ถ้าใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรทในระดับที่แตกต่างกัน 2 ระดับคือ 500 ppm และ 200 ppm จะมีผลทำให้ค่าปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ และปริมาณโซเดียมไนไตรท์ที่ใช้ในสูตรการผลิตที่แตกต่างกันระดับ 200 ppm และ 100 ppm ก็มีผลเช่นกัน (ตารางที่ 4)

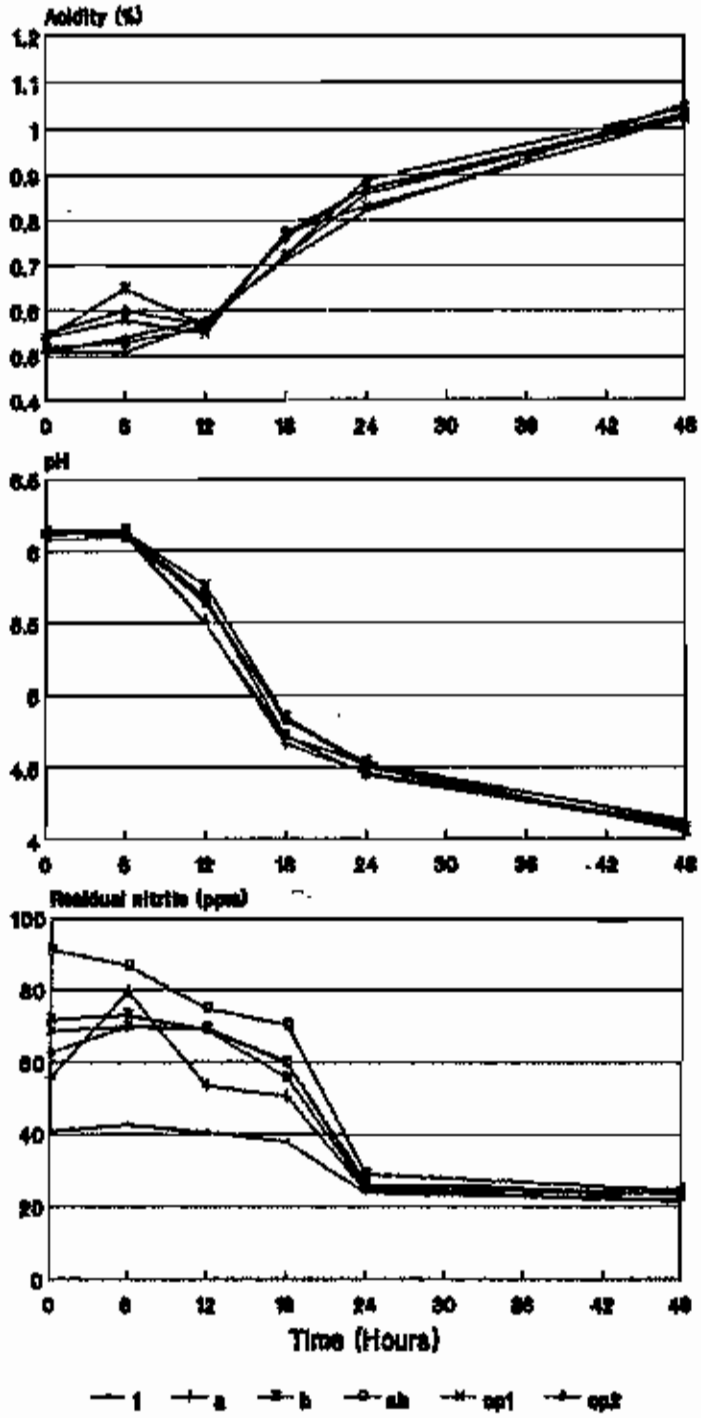


Fig. 1 Acidity, pH and residual nitrite changes during 48 hours of Nham fermentation made with mixed bacterial starter cultures with sodium nitrate and sodium nitrite; a = $NaNO_3$, b = $NaNO_2$; (1) = control; ep = centerpoint.

Table 5 Coded residual nitrite equation during 48 hours of Nham fermentation made with mixed bacterial starter cultures at different levels of nitrate and nitrite.

Response variable	Coded equation	R^2
NO_2^- (0 hour)	= 65.2475 + 8.5750 ($NaNO_3$) + 16.7450 ($NaNO_2$)	0.9699
NO_2^- (6 hours)	= 69.9600 + 12.6600 ($NaNO_3$) + 9.4750 ($NaNO_2$) - 5.6650 ($NaNO_3$x$NaNO_2$)	0.9998
NO_2^- (12 hours)	= 59.5150 + 4.0275 ($NaNO_3$) + 12.5975 ($NaNO_2$) - 1.7825 ($NaNO_3$x$NaNO_2$) - 10.0575 ($NaNO_3$)^2	0.9998
NO_2^- (18 hours)	= 59.7400 + 6.7825 ($NaNO_3$) + 9.4375 ($NaNO_2$) + 0.5825 ($NaNO_3$x$NaNO_2$) - 6.1825 ($NaNO_3$)^2	0.9998
NO_2^- (24 hours)	= 25.8675 + 1.0800 ($NaNO_3$) + 1.3350 ($NaNO_2$) + 0.8350 ($NaNO_3$x$NaNO_2$)	0.9984
NO_2^- (48 hours)	= 23.9500 + 0.4625 ($NaNO_3$) + 1.1475 ($NaNO_2$) + 0.2225 ($NaNO_3$x$NaNO_2$) - 0.9025 ($NaNO_3$)^2	0.9992

NO_2^- = residual nitrite (ppm)

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมที่มีระดับของโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ที่แตกต่างกันนั้น พบว่าโซเดียมไนเตรทมีผลต่อสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ (ตารางที่ 6) โดยพบว่าถ้าหากมีการใช้โซเดียมไนเตรทที่ระดับสูง (500 ppm) จะมีค่า mean ideal ratio score ของสีที่ปรากฏเท่ากับ 1.14±0.24 แต่ถ้ามีการใช้โซเดียมไนเตรทที่ระดับต่ำ (200 ppm) จะมีค่าของ mean ideal ratio score ของสีที่ปรากฏเท่ากับ 1.06±0.19 อย่างไรก็ตามการใช้โซเดียมไนไตรท์ในสูตรการผลิตที่มีระดับแตกต่างกัน พบว่าไม่มีผลต่อค่าสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ มีค่า mean ideal ratio score เท่ากับ 1.09-1.10 (ดังแสดงในตารางที่ 6) นอกจากนี้การใช้โซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ ที่มีระดับแตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่าถ้ามีการใช้โซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ ในระดับสูง คือ 500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ จะมีค่า mean ideal ratio score ของการยอมรับรวมเท่ากับ 0.94±0.12 และ

0.94±0.09 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้กับค่า ideal ของผลิตภัณฑ์ (1.00) ดังแสดงในตารางที่ 6 อย่างไรก็ตามคุณลักษณะอื่นๆ ของผลิตภัณฑ์จะไม่มีผลมาจากการเติมโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ที่แตกต่างกัน 2 ระดับแต่อย่างใด

Table 6 **Mean ideal ratio score of Nham attributes after 48 hours of fermentation made with mixed bacterial starter cultures at different levels of sodium nitrate and sodium nitrite.**

Nham attributes	$NaNO_3$ (ppm)		$NaNO_2$ (ppm)	
	500	300	200	100
Colour	1.14±0.24*[a]	1.06±0.19[b]	1.09±0.19	1.10±0.24
Visual texture	1.02±0.23	0.93±0.20	0.97±0.22	0.95±0.23
Firmness	1.05±0.32	1.03±0.28	1.03±0.26	1.04±0.34
Juiciness	0.94±0.18	0.94±0.18	0.96±0.19	0.92±0.16
Smoothness	0.90±0.16	0.89±0.18	0.92±0.18	0.87±0.16
Sourness	0.84±0.21	0.89±0.26	0.87±0.21	0.86±0.26
Saltiness	0.93±0.23	0.96±0.31	0.96±0.24	0.93±0.30
Spiciness	0.95±0.21	0.97±0.25	0.99±0.18	0.93±0.28
Overall acceptability	0.94±0.12[a]	0.84±0.14[b]	0.94±0.09[a]	0.86±0.16[b]

* mean ± standard deviation

1 use 31 general panelists

2 mean within row with different superscripts are different significantly at P<0.05

3 ideal ratio score for ideal product is 1.00

จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของสิ่งทดลองทั้งหมดในการวิจัยครั้งนี้พบว่า สิ่งทดลองที่ใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ในระดับสูงคือ 500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ (สิ่งทดลองที่ 4) ในสูตรการผลิตแหนมจะมีผลต่อสีที่ปรากฏและการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 และ P<0.01 ตามลำดับ และพบว่าการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ในสูตรดังกล่าวมีค่า mean ideal ratio score เท่ากับ 0.99±0.05 ซึ่งมีค่าใกล้กับค่า ideal product มากที่สุด ในขณะที่สิ่งทดลองอื่นๆ มีค่าดังกล่าวเท่ากับ 0.80-0.88 (ตารางที่ 7) แม้ว่าค่า mean ideal ratio score ของสี

ที่ปรากฏในสิ่งทดลองที่ 4 จะมีค่าค่อนข้างสูงกว่าค่า ideal product ก็ตาม คือ มีค่า 1.18±0.21 (ตารางที่ 7) แต่ค่าลักษณะอื่นๆ ของผลิตภัณฑ์ไม่พบว่ามีความแตกต่างของ mean ideal ratio score ในแต่ละสิ่งทดลองแต่อย่างใด

Table 7 Mean ideal ratio score of Nham attributes after 48 hours of fermentation made with mixed bacterial starter cultures with different treatments.

Treatment	Colour texture	Visual	Firmness	Juiciness
(1)	1.11±0.23[*ab]	0.96±0.28	1.00±0.36	0.96±0.18
a	1.09±0.26[abc]	1.00±0.23	1.07±0.32	0.89±0.14
b	1.02±0.14[c]	0.89±0.18	1.04±0.17	0.93±0.18
ab	1.18±0.21[a]	1.04±0.24	1.02±0.33	0.97±0.20
cp_1	1.07±0.10[bc]	1.04±0.21	0.99±0.77	0.93±0.32
cp_2	1.04±0.17[bc]	1.02±0.25	1.06±0.33	0.90±0.26

Table 7 (continue)

Treatment	Smoothness	Sourness	Saltiness	Spiciness	Overall acceptability
(1)	0.88±0.19	0.90±0.28	0.99±0.38	0.99±0.32	0.81±0.19[B]
a	0.85±0.12	0.82±0.24	0.87±0.19	0.87±0.22	0.85±0.18[B]
b	0.89±0.17	0.86±0.23	0.93±0.24	0.95±0.18	0.87±0.08[A]
ab	0.96±0.16	0.86±0.20	0.95±0.25	1.04±0.17	0.99±0.05[b]
cp_1	0.83±0.28	0.87±0.31	0.99±0.30	0.95±0.27	0.80±0.21[B]
cp_2	0.89±0.19	0.88±0.20	0.89±0.26	1.02±0.25	0.88±0.22[B]

* mean + standard deviation; (1) control; a = high level of sodium nitrate; b = high level of sodium nitrite; cp = centerpoint

1 use 11 general panelists

2 mean within column with different superscripts are different significantly at P<0.05

3 ideal ratio score for ideal product is 1.00

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของไนเตรทและไนไตรท์ที่มีต่อผลิตภัณฑ์แหนมพบว่าในสูตรแหนมที่มีการใช้โซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ในปริมาณสูง คือ 500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ จะมีผลต่ออัตราการเกิดสีชมพูแดงค่อนข้างเร็วกว่าสูตรอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์จะมีแนวโน้มลดลงหลังจากปริมาณความเป็นกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นหรือมีค่า pH ลดลง ยิ่งทั้งปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์หลัง 48 ชั่วโมงของการหมักที่ค่อนข้างต่ำ

ในด้านการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์แหนมพบว่า ผู้บริโภคจะมีการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างดี และลักษณะสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์มีความสำคัญค่อนข้างมาก และมีผลมาจากการใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ที่แตกต่างกันในสูตรการผลิตแหนม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนการวิจัย มา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

ลักขณา รุจนะไกรกานต์. (2533). เทคโนโลยีอาหารเนื้อ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพโรจน์ วิริยจารี, ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และปานจิตต์ คุณชะวลี. (2536) การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 2. ผลของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวต่อการผลิตกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์. วารสารเกษตร. กำลังดำเนินการพิมพ์.

AOAC. (1984). Official Methods of Analysis (13rd ed.) Association of officaial Analytical Chemists, Washington, D.C.

Deibel, R.H., C.F.Jr Niven., and G.D. Wilson. (1961). Microbiology of meat curing III. Some microbiological and related technological aspects in the manufacture of fermented sousages. Appl. Microbiol., 9:156-165.

Nurmi, E. (1966). Effect of bacterial innoculations on characteristics and microbial flora of dry sausage. Thesis, University of Helsinki, Finland, Acta Agra Finnica No. 108.

Pearson, D. (1976). The Chemical Analysis of Foods. Churchill Livingstone. London and New York.

Walonick, D.S. (1976). Stat-Packets. Walonick Associates Inc., Minneapoils, MN.

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

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

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 6. ผลของโซเดียมไนเตรท โซเดียมไนไตรท์ และ เชื้อ *Micrococcus varians* ต่อสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์

Nham Product Development Using Mixed Bacterial Starter Cultures 6. Effect of Sodium Nitrate and Sodium Nitrite and *Micrococcus varians* on Colour Development of Nham

ไพโรจน์ วิริยจารี[1/] *ลักขณา รุจนะไกรกานต์*[1/] *และ สุชาดา อนุตรกุล*[1/]

Pairote Wiriyacharee[1/]***, Lakkana Rujanakraikarn***[1/] ***and Suchada Anutarakun***[1/]

ABSTRACT : Nham colour development is very important for consumer acceptability. For this study, sodium nitrate and/or sodium nitrite were used together with/without nitrate reducing bacteria to investigate the colour development in Nham. It was found that the use of 500 ppm of sodium nitrate and 200 ppm of sodium nitrite with *Micrococcus varians* (10^3 cfu/g) in the formulation caused apparently the red pink colour development with higher rate and better than other samples. The colour developed from red yellow (5YR 8/2) to red pink (5R 7/4) after 24 hours of fermentation. The mean ideal ratio scores of colour and overall acceptability were

1/ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200.

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

1.02+0.02 and 0.95+0.04 respectively. The developed Nham was composed of pH (4.46-4.57) and total acidity as lactic acid (0.901-0.991%) after 48 hours of fermentation. There was also a very small amount of residual nitrite (21.84+0.10 ppm) in the product

บทคัดย่อ : ลักษณะสีที่ปรากฏของแหนมเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภค ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาสูตรการผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมที่มีการใช้โซเดียมไนเตรท และ/หรือ โซเดียมไนไตรท์ ร่วมกับการเติมหรือไม่เติมเชื้อแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ได้ จากการทดลองพบว่าการใช้โซเดียมไนเตรท 500 ppm และ โซเดียมไนไตรท์ 200 ppm ร่วมกับเชื้อ *Micrococcus varians* (10^3 cfu/g) ในสูตรการผลิตจะทำให้สีชมพูแดงของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นเร็ว และดีกว่าตัวอย่างอื่นๆอย่างเห็นได้ชัดเจน กล่าวคือ สามารถพัฒนาสีจากสีเหลืองแดงออกน้ำตาลเนื้อ (5YR 8/2) เป็นค่าสีชมพูแดง (5R 7/4) หลังจากการหมักได้ 24 ชั่วโมง อีกทั้งมีค่า mean ideal ratio scores ของ สีที่ปรากฏ และการยอมรับรวมเท่ากับ 1.02±0.02 และ 0.95±0.04 ตามลำดับ ในผลิตภัณฑ์แหนมที่พัฒนามีค่า pH (4.46-4.57) และมีค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติค ร้อยละ 0.901-0.991 หลังจาก 48 ชั่วโมงของการหมัก อีกทั้งตรวจพบปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ค่อนข้างต่ำเช่นกันในผลิตภัณฑ์ (21.84±0.10 ppm)

Index words : แหนม การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนม Nham, Nham product development

คำนำ

แหนมเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อสุกรเป็นอาหารหมักแบบพื้นบ้านที่ใช้ดินประสิว ซึ่งเป็นตัวให้สีในธรรมชาติแบบพื้นบ้าน ทำให้กลิ่นรสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันไป เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดลักษณะดังกล่าวของแหนมมีหลายสายพันธุ์ ได้มีการใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมมาใช้ในกระบวนการผลิต (Wiriyacharee *et. al.* 1990) เพื่อปรับปรุงคุณภาพของแหนมให้มีความสม่ำเสมอ และปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโทษ โดยใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมระหว่างเชื้อแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ ร่วมกับเชื้อแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ได้ในสูตรการผลิตแหนม และควบคุมสภาพการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดได้ประเภท *Lactobacillus planturum* จะมีผลต่อการลดลงของ pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงแรกของการหมัก โดยการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตให้กลายเป็นกรดแลคติค เมื่อ pH ลดลงจะทำให้โปรตีนถูกทำลายไป มีการเกิดเจลขึ้นทำให้เนื้อเริ่มแข็งและเหนียวขึ้น และพบว่าเชื้อแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ประเภท *Pediococcus cerevisiae* มีผลต่อการเกิดความแน่นเนื้อ (firmness) ในช่วงหลังของการหมัก ซึ่งเชื้อดังกล่าวเจริญได้ดีที่ความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 5.0 (Buchanan and Gibbons, 1974) ดังนั้นสภาพสิ่งแวดล้อมของการหมักช่วงท้ายจึงเหมาะสมที่เชื้อดังกล่าวสามารถจะเจริญเติบโตและทำให้แหนมมีความเหนียวมากขึ้นด้วยเหตุนี้การใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นระหว่าง *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* จึงมีผลทำให้เกิดความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์แหนมได้

ส่วนเชื้อที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทเป็น

ไนไตรท์ได้ที่ใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นนี้ คือ *Micrococcus varians* ซึ่งเชื้อดังกล่าวจะมีผลต่อการเปลี่ยนไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ในช่วงแรกของการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Deibel และคณะ (1961) ได้รายงานว่ากิจกรรมของเชื้อในการเปลี่ยนไนเตรทให้เป็นไนไตรท์เกิดในระหว่าง 2-16 ชั่วโมงแรกของการหมักไส้กรอกทั่วไป ขณะที่การสร้างกรดจะเริ่มขึ้นหลังจาก 8-16 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่า *Micrococcus varians* ควรจะมีกิจกรรมเกิดขึ้นก่อนที่จะถูกยับยั้ง เนื่องจากสภาพแวดล้อมเป็นกรดมากขึ้น เมื่อแหนมมีสภาพเป็นกรดมากขึ้นไนไตรท์จะสลายตัวไปเป็นไนตริคออกไซด์ ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับรงควัตถุเนื้อไมโอโกลบิน ทำให้ได้สารประกอบที่เรียกว่าไนโตรโซไมโอโกลบินจึงเกิดเป็นสีชมพูแดงในแหนม ดังแสดงในภาพที่ 1

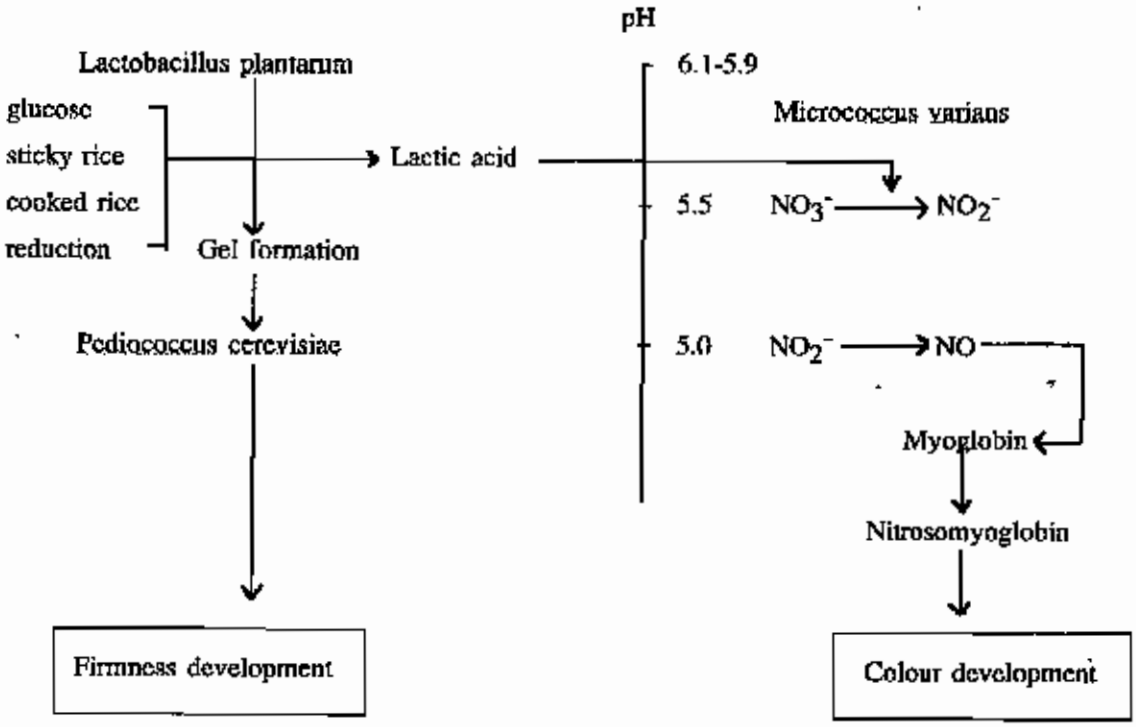


Fig. 1 Effect of mixed starter cultures on Nham system

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสีของแหนม ณ ช่วงเวลาต่างๆ โดยศึกษาถึงผลของโซเดียมไนเตรท โซเดียมไนไตรท์ และเชื้อ *Micrococcus varians* ต่อลักษณะสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ เพื่อต้องการทราบว่าแหนมที่มีเพียงโซเดียมไนเตรทอย่างเดียว หรือโซเดียมไนไตรท์อย่างเดียวในสูตรการผลิต ตลอดจนการใช้เชื้อ *Micrococcus varians* หรือไม่ใช้เชื้อดังกล่าวเป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม จะมีผลต่อลักษณะสีของผลิตภัณฑ์อย่างไร

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

แผนการทดลอง: ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวางแผนการทดลองโดยแบ่งสิ่งทดลองออกเป็น 6 สิ่งทดลอง ใน 2 สิ่งทดลองแรกจะใช้เฉพาะโซเดียมไนเตรทเท่านั้น โดยสิ่งทดลองแรกจะใช้เชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคได้ ร่วมกับ *Micrococcus varians* ส่วนสิ่งทดลองที่สองจะไม่ใช้เชื้อ *Micrococcus varians* ร่วมกับเชื้อที่สร้างกรดได้ อย่างไรก็ตามส่วนสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 จะใช้เฉพาะโซเดียมไนไตรท์เท่านั้น โดยแยกเป็นสิ่งทดลองทั้งสองในด้านการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมเช่นเดียวกับสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ นอกจากนี้สิ่งทดลองที่ 5 และ 6 จะใช้ทั้งโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมเช่นเดียวกับสิ่งทดลองที่ 1, 3 และ 2, 4 ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 1)

Table 1 Sodium nitrate, sodium nitrite and *Micrococcus varians* for this experimentation.

Treatment	$NaNO_3$ (ppm)	$NaNO_2$ (ppm)	Starter cultures
1	500	0	LP, PC, MV
2	500	0	LP, PC
3	0	200	LP, PC, MV
4	0	200	LP, PC
5	500	200	LP, PC, MV
6	500	200	LP, PC

LP = *Lactobacillus plantarum* (10^3 cfu/g)

PC = *Pediococcus cerevisiae* (10^6 cfu/g)

MV = *Micrococcus varians* (10^3 cfu/g)

กระบวนการผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม

นำเนื้อหมูแดงมาเลาะเอามันออก ล้าง และทำให้สะเด็ดน้ำ เช็ดให้แห้งโดยใช้ผ้าสะอาดนำมาบดด้วยเครื่องบดเนื้อนำไปเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส ส่วนหนังหมู นำมาเลาะเอาส่วนมันออกให้มากที่สุด นำมาต้มและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 0.1x 2-4 เซนติเมตร เก็บในห้องเย็นเช่นกัน ทำการเตรียมกระเทียมสดบดละเอียด พริกไทยป่น พริกขี้หนูบดละเอียด ข้าวเหนียวและข้าวเจ้าบดละเอียด กลูโคส เกลือแกง โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โซเดียมอิริโธเบท โซเดียมไนเตรท (ปัจจัยที่ศึกษา) โซเดียมไนไตรท์ (ปัจจัยที่ศึกษา) และผงชูรส โดยเตรียมในสัดส่วนดังแสดงในตารางที่ 1 และที่ 2

ทำการผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสมที่ความเร็ว 40 รอบต่อนาที ประมาณ 1 นาที จึงเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมที่เตรียมขึ้นในสัดส่วนดังตารางที่ 1 และ 2 โดยทำการผันแปรในส่วนของเชื้อ *Micrococcus varians* (ดังตารางที่ 1) ผสมเข้าด้วยกันในเครื่องผสมความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที ประมาณ 2 นาที นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในเครื่อง stuffer และอัดเข้าสู่ถุงพลาสติกรูปทรงกระบอก รัดปลายหัวท้ายให้แน่นด้วยยาง หรือ clips เหล็ก เก็บบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

Table 2 Ingredients and quantity for Nham production made with mixed bacterial starter cultures ($NaNO_3$, $NaNO_2$and *Micrococcus varians* as the main studied factors).

Ingredients	Quantity
Meat system:	
Ground lean pork (%)	60
Sliced pork skin (%)	40
Curing agents:	% of meat system
Sodium chloride (NaCl)	3
Sodium nitrate ($NaNO_3$)	0-0.05
Sodium nitrite ($NaNO_2$)	0-0.02
Sodium tripolyphosphate ($Na_5P_3O_{10}$)	0.3
Sodium erythobate	0.05
Starter cultures :	cfu/g of meat
system	
Lactobacillus plantarum	10^8
Pediococcus cerevisiae	10^6
Micrococcus varians	10^3
Carbohydrate source :	% of meat
system	
Glucose	0.5
Sticky rice	1
Cooked rice	8
Seasonings:	% of meat
system	
Minced garlic	4
White pepper powder	0.05
Minced bird chilli	1
MSG	0.2

การเตรียมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม

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

ก่อนที่จะนำเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นดังกล่าวไปใช้ในกระบวนการผลิตแหนม สิ่งที่จำเป็นต้องกระทำคือ การตรวจนับจำนวนเชื้อดังกล่าวเพื่อต้องการทราบจำนวนและสามารถนำไปคำนวณว่าควรจะต้องเติมลงในระบบเท่าใดจึงจะเป็นไปตามสัดส่วนที่ต้องการ โดยเชื้อที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้จะถูกตรวจนับในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar ส่วนเชื้อที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ได้ จะถูกตรวจนับในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI agar เมื่อทราบจำนวนคิดเป็น cfu/ml แล้ว จะนำมาคำนวณดังนี้

ตัวอย่างแหนมต้องการ *P. cerevisiae* 10^6 cfu/g ดังนั้น 1 กิโลกรัมของแหนมต้องการเชื้อถึง 10^9cfu แต่ใน stock culture ของ *P. cerevisiae* มี 10^{10} cfu/ml ดังนั้นใน 0.1 ml ของ stock culture จะมีเชื้อ *P. cerevisiae* 10^9 cfu เป็นต้น อย่างไรก็ตาม 0.1 ml ของ stock culture ยากต่อการเติมและผสมผสานให้เข้ากันในกระบวนการ ดังนั้นจึงเติมน้ำกลั่นที่ผ่าเชื้อแล้วลงไปอีกประมาณ 2 ml ก่อนเติมลงใน กระบวนการผลิต

การวิเคราะห์ทางด้านเคมีและฟิสิกส์

หลังเสร็จสิ้นการผลิตตัวอย่างแหนมจะถูกนำมาเก็บบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในทุกสิ่งทดลอง และจะทำการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าทางเคมีและฟิสิกส์ คือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติก (Total acidity as lactic acid) และค่าไนไตรท์ที่เหลืออยู่ (residual nitrite) ตามวิธีของ AOAC (1984) Wiriyacharee (1990), Pearson (1976) และทำการวัดค่าสี โดยใช้ Munsell book of colour ในช่วงเวลาที่ทำการบ่มไว้ 0, 6, 12, 18, 24, และ 48 ชั่วโมง

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจะใช้ผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 8 ท่าน โดยก่อนที่จะทำการทดสอบชิม ผู้ทดสอบชิมทุกท่านจะได้รับการอธิบายให้มีความเข้าใจในความหมายของคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แหนม และค่าของ ideal score ของแต่ละลักษณะ จากนั้นจะทำการประเมินคุณภาพในลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ในแบบทดสอบ คือ สีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ (colour) ลักษณะเนื้อที่ปรากฏ (visual texture) ความแน่นเนื้อ (firmness) ความนุ่มเนื้อ (juiciness) ความเนียนของเนื้อ (smoothness) ความเปรี้ยว (sourness) ความเค็ม (saltiness) ความมีกลิ่นของเครื่องเทศ (spiciness) และการยอมรับรวม (overall acceptability) โดยใช้ตัวอย่างที่ทำการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสนาน 48 ชั่วโมง เป็นตัวอย่างทดสอบชิม ซึ่งใช้วิธีการประเมินแบบ Ideal ratio profile ในสิ่งทดลองต่างๆ (Wiriyacharee, 1990; วิริยจารี, 2535)

การวิเคราะห์และแปลผล

ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และทางด้านประสาทสัมผัส จะนำมาวิเคราะห์ทางด้านสถิติ เช่น Analysis of variance และ Stepwise regression analysis โดยใช้ Stat-Packets Package (Walonick, 1987) ซึ่งมีปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ Stepwise regression analysis จะเป็นเวลาที่ทำการหมัก ปริมาณโซเดียมไนเตรท ปริมาณโซเดียมไนไตรท์ และปริมาณของ *Micrococcus varians* ที่ใช้ในสูตรการผลิตต่อค่าต่างๆ ที่ต้องการศึกษาตลอดจนจะนำข้อมูลมาทำการสร้างกราฟเพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในค่าที่ต้องการศึกษาต่อเวลาของการหมัก 48 ชั่วโมง

ผลการทดลองและวิจารณ์

การผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม โดยได้ทำการวิจัยถึงผลของโซเดียมไนเตรท โซเดียมไนไตรท์และการเติมหรือไม่เติมเชื้อแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์แหนมโดยเฉพาะเรื่องสีที่ปรากฏ จากการสุ่มตัวอย่างแหนมและนำมาวัดค่าของสีโดยใช้ Munsell book of colour ในระหว่าง 48 ชั่วโมงของการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่า สีของแหนมจะเริ่มแตกต่างกันที่ชั่วโมงที่ 3-6 จากการสังเกตุและจากข้อมูลที่ปรากฏในตารางที่ 3 โดยที่สิ่งทดลองที่ 5 ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรท 500 ppm และ โซเดียมไนไตรท์ 200 ppm ร่วมกับการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 3 ประเภท คือ *L. plantarum*, *P. cerevisiae* และ *M. varians* พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีน้ำตาลอ่อนของเนื้อเป็นสีชมพูแดงที่เข้มกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้

เนื่องจาก *M. varians* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่สามารถเปลี่ยนไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ได้ อีกทั้งสิ่งทดลองที่ 5 มีไนไตรท์เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยส่วนหนึ่ง ซึ่งไนไตรท์จะถูกเปลี่ยนไปในรูปไนตริคออกไซด์ซึ่งจะรวมตัวกับรงควัตถุในเนื้อ (myoglobin) และเปลี่ยนไปเป็นสีชมพูแดงของ nitrosomyoglobin และมีปริมาณไนเตรทในสูตรด้วยที่ *M. varians* สามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ในระหว่างเวลานั้น ทำให้มีปริมาณไนไตรท์ที่มากพอที่จะเปลี่ยนเป็นไนตริคออกไซด์และเกิดการพัฒนาสีชมพูแดงดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำให้สิ่งทดลองดังกล่าวมีสีชมพูแดงเข้มกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ อีกทั้งการพัฒนาสีก็จะรวดเร็วกว่าสิ่งทดลองอื่นๆเช่นกันซึ่งจากข้อมูลในตารางที่ 3 ค่าสีที่ชั่วโมงเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์จะมีสีเหลืองแดงในค่า 5YR 8/2 และจะเริ่มเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีเหลืองแดงที่มีความเข้มของสีแดงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะสิ่งทดลองที่ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.5YR 7/4 และจะเริ่มเปลี่ยนแปลงเป็นสีแดงสมบูรณ์ในชั่วโมงที่ 18 คือ มีค่าเท่ากับ 10R 7/4 และมีสีแดงเข้มขึ้นเรื่อยๆ หลังจากนั้นจนกระทั่งที่ชั่วโมง 48 ของการหมัก สามารถวัดเทียบสีได้ค่า 5R 7/4 ในขณะที่สิ่งทดลองอื่นๆ เริ่มมีการพัฒนาสีในเวลาต่อมา

Table 3 Colour change during 48 hours of Nham fermentation using with/without sodium nitrate and sodium nitrite and with/without *M. varians* as mixed starter cultures.

Treatment	Fermentation time (hours)					
	0	6	12	18	24	48
1	5YR 8/2	5YR 8/2	5YR 7/2	05YR 7/4	5YR 7/4	5YR 7/4
2	5YR 8/2	5YR 7/2	5YR 7/4	5YR 7/4	2.5YR 7/4	5YR 7/4
3	5YR 8/2	5YR 7/4	5YR 7/4	2.5YR 7/4	10R 7/4	10R 7/4
4	5YR 8/2	5YR 7/4	5YR 7/4	10R 7/4	7.5R 7/4	2.5YR 7/4
5	5YR 8/2	2.5YR 7/4	2.5YR 7/2	10R 7/4	5R 7/4	5R 7/4
6	5YR 8/2	5YR 7/4	5YR 7/4	2.5YR 6/4	10R 7/4	7.5R 7/4

Y = Yellow, R = Red

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการหมักแหนม 48 ชั่วโมง โดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่า ที่เวลาเริ่มต้นความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 6.20-6.30 ความเป็นกรดเป็นด่างค่อนข้างคงที่ใน 12 ชั่วโมงแรกและเมื่อทำการหมักไปจนถึงชั่วโมงที่ 18 ความเป็นกรดเป็นด่างจะลดลงอย่างรวดเร็ว และลดลงเหลือประมาณ 4.46-4.57 ในชั่วโมงที่ 48 (ภาพที่ 2) เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์แหนมจะมีความสัมพันธ์กับเวลาของการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ ดังแสดงในสมการ

$$pH = 6.4034 - 0.0406 \text{ (Time)} \quad R^2 = 0.9376$$

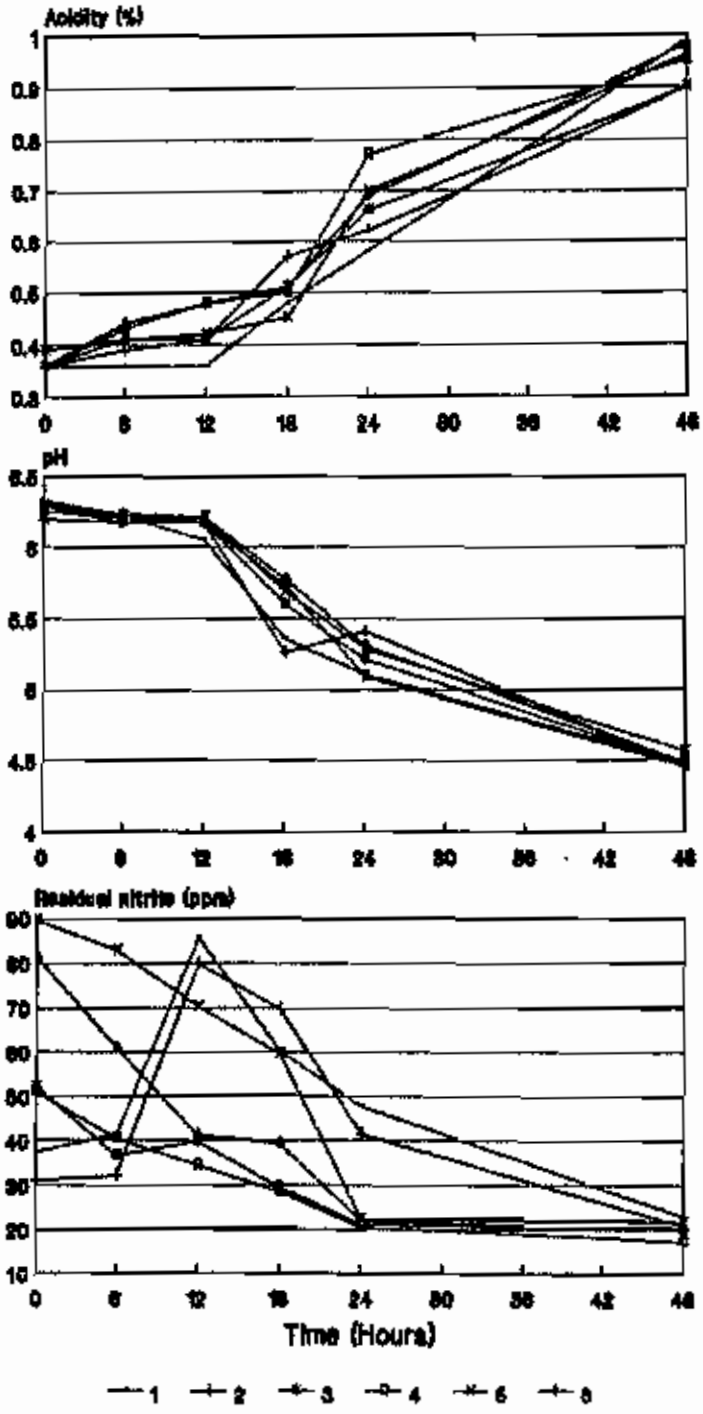


Fig. 2 Acidity, pH and residual nitrite changes during 48 hours of Nham fermentation made with mixed bacterial starter cultures with and/or without sodium nitrate/ sodium nitrite; with/without *M. varians*.

จากการไตเตรทหาปริมาณกรดแลคติคในตัวอย่างแหนมทั้ง 6 สิ่งทดลองในช่วงเวลา 48 ชั่วโมงของการหมัก พบว่าปริมาณกรดแลคติคจะเพิ่มอย่างช้าๆ และจะเพิ่มอย่างรวดเร็วที่ชั่วโมงที่ 18 ทั้ง 6 สิ่งทดลอง โดยหลังจาก 48 ชั่วโมงของการหมักปริมาณกรดแลคติคอยู่ในช่วงร้อยละ 0.901-0.991 (ภาพที่ 2) ในการที่ผลิตภัณฑ์แหนมมีค่าความเป็นกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นเนื่องจากแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ที่ใช้เป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นนั้นสามารถเปลี่ยนแหล่งคาร์โบไฮเดรต คือ ข้าวเหนียว ข้าวเจ้า และกลูโคส ที่ใช้ในสูตรการผลิตให้กลายเป็นกรดแลคติค ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดทั้งหมดมีความสัมพันธ์ตรงกันข้ามกับค่าการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ซึ่งจากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดทั้งหมดกับเวลาที่ทำการหมักผลิตภัณฑ์ พบว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ โดยสามารถแสดงดังสมการ

$$\text{Acidity (\%)} = 0.2861 + 0.0128\ (\text{Time})\quad R^2 = 0.9328$$

จากการที่ระบบของการหมักผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความเป็นกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น และมีการพัฒนาสีที่ปรากฏเพิ่มขึ้นตลอดช่วงเวลาของการหมักมีผลทำให้ปริมาณไนไตรท์ทั้งที่เติมลงไปในสูตรการผลิต หรือจากการที่เชื้อ *M. varians* เปลี่ยนไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ มีปริมาณที่ลดลงเนื่องจากสภาพชิ้นเนื้อมี pH ลดลงเล็กน้อยในช่วงแรกของการหมักและอยู่ในสภาพ Reduction ไนไตรท์ที่เกิดขึ้นจะอยู่ในรูปกรดไนตรัส และกรดนี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซไนตริคออกไซด์ ซึ่งทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินให้สาร nitrosomyoglobin มีสีชมพูแต่ไม่คงตัว (Nurmi, 1966) ตัวมันเองสามารถเปลี่ยนกลับมาอยู่ในรูป metmyoglobin และให้ไนเตรท และออกซิเจนออกมาทำให้ชิ้นเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้ จึงต้องระมัดระวังอย่างมากในการเก็บรักษาแหนม ดังนั้นในสูตรการผลิตจึงมีการเติม sodium erythobate ลงในสูตรการผลิตเพื่อลดปัญหาดังกล่าว (รุจนะไกรกานต์, 2533) จากเหตุการณ์ดังกล่าวทำให้ปริมาณไนไตรท์ที่เหลือลดลง ซึ่งจากการวัดค่าไนไตรท์ที่เหลืออยู่ทั้ง 6 สิ่งทดลองที่เวลาต่างๆ พบว่าที่เวลาเริ่มต้นสิ่งทดลองทั้งหมดมีความแตกต่างในปริมาณของไนไตรท์ที่เหลืออยู่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ (ตารางที่ 4) และสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 มีปริมาณที่ค่อนข้างน้อยกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ กล่าวคือมีปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ 37.62±0.24 และ 30.98±0.08 ppm ตามลำดับ เนื่องจากสิ่งทดลองทั้งสองในสูตรการผลิตนั้นไม่ใส่ไนไตรท์เลย แต่ต้องพึ่งพากิจกรรมของ *M. varians* และในสิ่งทดลองที่ 1 มีปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่มากกว่าสิ่งทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ เพราะในสูตรการผลิตของสิ่งทดลองที่ 1 มีการเติมเชื้อ *M. varians* ที่สามารถเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ ทำให้มีปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่มากกว่าสิ่งทดลองที่ 2 ซึ่งไม่มีการเติม *M. varians* เลยในสูตรการผลิต เพียงแต่อาจจะอาศัยเชื้อตามธรรมชาติที่อาจมีบ้างเล็กน้อยเพื่อการเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ได้ มีผลทำให้ปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่น้อยกว่านั่นเอง เมื่อเวลาการหมักผ่านไปปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงชั่วโมงที่ 12 แล้วจึงลดลง (ภาพที่ 2; ตารางที่ 4) เนื่องจากมีการเปลี่ยนไนเตรทในสูตรไปเป็นไนไตรท์ตลอดเวลา ซึ่งจะเห็นว่าในช่วง 12 ชั่วโมง pH

ยังลดลงไม่มากนัก ทำให้ *M. varians* สามารถเจริญเติบโตและมีกิจกรรมได้อย่างดี กล่าวคือมี pH ประมาณ 6.05-6.30 หรือมีความเป็นกรดทั้งหมดประมาณร้อยละ 0.360-0.475 คิดเทียบในรูปกรดแลคติค

Table 4 Residual nitrite content during 48 hours of Nham fermentation made with mixed bacterial starter cultures with and/or without nitrate/nitrite, with and/or without *M. varians*.

Treatment	Residual nitrite (ppm)					
	Fementation time (hours)					
	0	6	12	18	24	48
1	37.62±0.24[a]*	41.34±0.10[a]	85.75±0.18[a]	60.23±0.11[a]	47.67±0.16[a]	23.14±0.15[a]
2	30.98±0.08[b]	32.22±0.98[b]	79.84±0.10[b]	69.75±0.17[b]	41.55±0.06[b]	20.88±0.15[b]
3	52.48±0.08[c]	36.47±0.08[c]	28.49±0.08[c]	39.86±0.08[c]	21.18±0.08[c]	22.27±0.09[c]
4	51.07±0.09[d]	40.55±0.09[d]	34.44±0.16[d]	28.75±0.08[d]	20.55±0.06[d]	17.44±0.04[d]
5	89.58±0.22[e]	82.86±0.10[e]	70.42±0.03[e]	59.74±0.12[e]	22.52±0.02[e]	21.84±0.10[e]
6	81.56±0.06[f]	81.09±0.09[f]	41.18±0.15[f]	39.26±0.10[f]	22.08±0.10[f]	20.12±0.06[f]

* mean ± standard deviation and mean within column with different .ow12

superscripts are different significantly at P<0.01

สิ่งทดลองที่ 3 และ 4 เป็นสิ่งทดลองที่มีเฉพาะปริมาณไนไตรท์อย่างเดียวเท่านั้น จากการทดลองพบว่าปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในชั่วโมงแรกๆ มีปริมาณสูงกว่าสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.01 อีกทั้งพบว่าสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มีปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในระหว่างการหมักช่วง 48 ชั่วโมง ลดลงเรื่อยๆ ทั้งนี้เพราะว่าทั้ง 2 สิ่งทดลอง ไม่มีไนเตรทในสูตรที่จะเป็นแหล่งให้ *M. varians* เปลี่ยนเป็นไนไตรท์ได้

ส่วนสิ่งทดลองที่ 5 และ 6 เป็นสิ่งทดลองที่มีทั้งปริมาณไนเตรท และไนไตรท์ในสูตรการผลิตพบว่าในระหว่างการหมักมีปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ค่อนข้างมากกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.01 ในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการหมัก (ภาพที่ 2; ตารางที่ 4) และจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลาการหมักผ่านไป และพบว่าจะมีปริมาณลดลงเหลือ 20.12-21.84 ppm ในชั่วโมงที่ 48 ของการหมัก

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าที่เวลาเริ่มต้นของการหมักสามารถวัดปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 51-52 ppm โดยเฉพาะ

สิ่งทดลองที่ 3 และ 4 ทั้งๆ ที่ในสูตรการผลิตของสิ่งทดลองทั้งสองใส่ไนไตรท์เป็นส่วนประกอบถึง 200 ppm จะเห็นว่ามีการสูญเสียไปในระหว่างการผลิตถึงร้อยละ 74-74.5 ซึ่งอาจจะเกิดการสูญเสียเนื่องจากการติดตามเครื่องมือผสมสูญเสียในรูปก๊าซหรือเกิดรวมตัวกันกับส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ไขมัน โปรตีน เป็นต้น (รุจนะไกรกานต์, 2533)

จากการวิเคราะห์โดยรวมสามารถเห็นได้ว่าปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่จะลดลงตามเวลาของการหมักที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ ตลอดจนมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนเตรท์ที่เติมลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ อีกทั้งมีความสัมพันธ์กับการมีหรือไม่มีเชื้อ *M. varians* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ ดังสามารถแสดงในรูปสมการ (uncoded equation) ดังนี้

$$\frac{1}{\text{Residual nitrite (ppm)}} = 0.0212 + 0.007\,(\text{Time}) - 0.00001(NaNO_3) + 0.0011\,(M.varians)$$

$$R^2 = 0.6808$$

จากสมการจะเห็นว่า ถ้าหากมีการเติมโซเดียมไนเตรทมากในสูตรการผลิต จะทำให้ปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่มีมากด้วย อีกทั้งถ้าหากมีการใช้ *M. varians* ในสูตรการผลิตจะทำให้ปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ลดลง

ในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนม โดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมที่มีการใช้โซเดียมไนเตรทและ/หรือ โซเดียมไนไตรท์ร่วมกับการใช้และไม่ใช้เชื้อแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ได้ในสูตรการผลิตนั้นพบว่า ค่า mean ideal ratio score ของลักษณะอื่นๆ ของผลิตภัณฑ์ (ยกเว้นลักษณะสีที่ปรากฏและการยอมรับรวม) จะมีค่าไม่แตกต่างกันในระหว่าง 6 สิ่งทดลองที่ทำการวิจัยครั้งนี้ (ตารางที่ 5)

ส่วนลักษณะสีที่ปรากฏพบว่าในสิ่งทดลองทั้ง 6 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างทางด้านสีที่ปรากฏอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ (ตารางที่ 5) และพบว่าถ้าสิ่งทดลองที่มีการเติม *M. varians* จะมีค่า mean ideal ratio score ของค่าสีที่ปรากฏที่ใกล้เคียงกับค่าดังกล่าวของ ideal product กล่าวคือ มีค่าเท่ากับ 0.92-1.01 โดยเฉพาะสิ่งทดลองที่ 5 ที่มีการใช้ โซเดียมไนเตรท 500 ppm และโซเดียมไนไตรท์ 200 ppm ร่วมกับการใช้เชื้อ *M. varians* จะมีค่า mean ideal ratio score ของสีที่ปรากฏใกล้เคียงกับค่าดังกล่าวของ ideal product มากที่สุดคือ 1.02±0.02 (ตารางที่ 5)

ส่วนการยอมรับของผลิตภัณฑ์พบว่าสิ่งทดลองทั้งหมดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ (ตารางที่ 5) จากการวิเคราะห์จะสังเกตุเห็นว่าสิ่งทดลองที่ใช้ *M. varians* ร่วมในกระบวนการผลิตจะมีค่าการยอมรับค่อนข้างสูงกว่าสิ่งทดลองที่ไม่ใช้ *M. varians* และพบว่าถ้าหากมีการใช้เฉพาะโซเดียมไนไตรท์ในสูตรการผลิตเท่านั้น การยอมรับของผลิตภัณฑ์จะค่อนข้างต่ำ กล่าวคือ มีค่า mean ideal ratio score เท่ากับ 0.79-0.81 แม้ว่าจะมีการใช้ *M. varians* ก็ตาม แต่ถ้าหากมีการใช้โซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ร่วมกับ *M. varians* จะมีค่าการยอมรับที่สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ กล่าวคือ มีค่า Mean ideal ratio score ของการยอมรับรวมเท่ากับ 0.95±0.04 (ตารางที่ 5)

Table 5 Mean ideal ratio score of Nham attributes after 48 hours of fermentation made with mixed bacterial starter cultures with and/or without nitrate/nitrite, with and/or without *M. varians*.

Treatment	colour	Visual texture	Firmness	Juiciness
1	0.95±0.09*a	0.83±0.26	0.88±0.14	0.81±0.25
2	0.64±0.11b	0.76±0.12	0.75±0.11	0.67±0.16
3	0.92±0.02a	0.88±0.19	0.86±0.16	0.70±0.18
4	0.85±0.07c	0.86±0.13	0.88±0.14	0.68±0.26
5	1.02±0.02d	0.96±0.19	0.70±0.12	0.94±0.16
6	0.96±0.01a	0.90±0.18	0.86±0.19	0.80±0.19

Table 5 (continne)

Treatment	Smoothness	Sourness	Saltiness	Spiciness	Overall acceptability
1	0.82±0.16	0.92±0.16	0.90±0.20	0.95±0.09	0.91±0.01a
2	0.89±0.14	0.93±0.17	0.82±0.17	0.94±0.02	0.86±0.03b
3	0.77±0.14	0.50±0.23	0.96±0.13	0.90±0.04	0.79±0.04c
4	0.85±0.09	0.82±0.14	0.90±0.12	0.94±0.03	0.81±0.05c
5	0.80±0.18	0.94±0.17	0.94±0.15	0.98±0.04	0.95±0.04ad
6	0.80±0.17	0.92±0.16	0.85±0.16	0.94±0.03	0.92±0.02a

* mean + standard devintion;

1 use 9 general panelists

2 mean within column with different superscripts are different significantly at P<0.05

3 ideal ratio score for ideal product is 1.00

สรุปผลการทดลอง

จากการวิจัยครั้งนี้ การเติมโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ ร่วมกับการใช้เชื้อแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ได้มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ การใช้โซเดียมไนเตรท 500 ppm และโซเดียมไนไตรท์ 200 ppm ร่วมกับการใช้เชื้อ *M. varians* ปริมาณ 10^3 cfu/g ในสูตรการผลิตแหนม ทำให้อัตราการเกิดสีชมพูแดงของผลิตภัณฑ์เร็วและมีลักษณะที่ดี มีการยอมรับของผู้บริโภคค่อนข้างสูง และค่าสีที่ปรากฏจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่ามีลักษณะที่ดี อีกทั้งพบว่า ปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ค่อนข้างต่ำหลังการหมัก ซึ่งอยู่ในระดับที่ต่ำมากจากที่กฎหมายอาหารกำหนด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัยครั้งนี้ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

ลักขณา รุจจนะไกรกานต์. (2533). เทคโนโลยีอาหารเนื้อ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพโรจน์ วิริยจารี. (2535). การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

AOAC. (1984). Official Methods of Analysis (13rd ed.) Association of officaial Analytical Chemists, Washington, D.C.

Buchanan, R.E. and Gibbons, N.E. (1974). Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. The Williams and Wilkins Company, Baltimore

Deibel, R.H., C.F.Jr Niven., and G.D. Wilson, (1961). Microbiology of meat curing III. Some microbiological and related technological aspects in the manufacture of fermented sousages. Appl. Microbiol., 9:156-165.

Nurmi, E. (1966). Effect of bacterial innoculations on characteristics and microbial flora of dry sausage. Thesis, University of Helsinki, Finland, Acta Agra Finnica No. 108.

Pearson, D. (1976). The Chemical Analysis of Foods. Churchill Livingstone. London and New York.

Walonick, D.S. (1976). Stat-Packets. Walonick Associates Inc., Minneapoils, MN.

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

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

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 7. การพัฒนาสีชมพูแดงในผลิตภัณฑ์

Nham Product Development Using Mixed Bacterial Starter Cultures 7. Red-pink Colour Development in Product

ไพโรจน์ วิริยจารี [1/] *ลักขณา รุจนะไกรกานต์* [2/] *สุธยา บุญธนยม* [3/]
วิวรรธน์ วรรธนัอตริยา[1/] *และ อิศรพงษ์ พงษ์สิริกุล*[1/]

Pairote Wiriyacharee[1/], *Lakkana Rujanakraikarn*[2/] *Sutaya Boonthanom*[3/],
Wiwat Wattanatchariya[1/] *and Issaraphong Phongsirikul*[1/]

ABSTRACT : Nham colour development can be measured by instrument which is alternatively better than used of consumer testing. For this study therefore chroma meter CR-310 was used for Nham colour measurement. Sodium nitrate and/or sodium nitrite were used together with/without nitrate reducing bacteria as experiment units for investigation of Nham color development. It was found that the used of 500 ppm of sodium nitrate and 200 ppm of sodium nitrite with *L. plantarum* (10^3 cfu/g), *P. cerevisiae* (10^6 cfu/g) and *M. varians* (10^3 cfu/g) in

1/ ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

1/ Product Development Technology Department, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

2/ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

2/ Food Science and Technology Department, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

3/ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

3/ Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

the formulation caused significantly the bright red pink colour development with higher rate and better than other samples significantly (P<0.05). The bright red pink colour was that hue a^* (12.6549±0.3900 to 15.1042±0.2725) chroma b^* (9.2959±0.4190 to 9.8717±0.2768) and value L^* (53.9161±0.9858 to 56.0426±0.3142).

บทคัดย่อ : การพัฒนาสีชมพูแดงของผลิตภัณฑ์แหนมสามารถวัดค่าได้ด้วยเครื่องมือ ซึ่งเป็นหนทางหนึ่งที่จะให้ผลที่ถ่องแท้กว่าการใช้ผู้ทดสอบชิมประเมิน ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงใช้เครื่องมือวัดสี Chroma meter CR-310 มาวัดการพัฒนาสีปรากฏของผลิตภัณฑ์ โดยทำการศึกษาสูตรการผลิตแหนม โดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมที่มีการใช้โซเดียมไนเตรท และ/หรือโซเดียมไนไตรท์ร่วมกับการเติม หรือไม่เติมเชื้อแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ได้ จากการทดลองพบว่าการใช้โซเดียมไนเตรท 500 ppm และโซเดียมไนไตรท์ 200 ppm ร่วมกับเชื้อ *L. plantarum* 10^3 cfu/g, *P. cerevisiae* 10^6 cfu/g และ *M. varians* 10^3 cfu/g ในสูตรการผลิตจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการพัฒนาสีชมพูแดงที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่รวดเร็วดีกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 กล่าวคือ มีสีปรากฏผลิตภัณฑ์เป็นสี bright red pink colour กล่าวคือ มีค่า hue (a^*) เท่ากับ 12.6549±0.3900 กับ 15.1042±0.2725 มีค่า chroma (b^*) เท่ากับ 9.2959±0.4190 กับ 9.8717±0.2768 และมีค่า value (L^*) เท่ากับ 53.9161±0.9858 กับ 56.0426±0.3142

Index words : แหนม การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนม Nham, Nham Product development

คำนำ

ผลิตภัณฑ์แหนมเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่มีสีชมพูแดง ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคส่วนมากมักจะสังเกตดูที่สีของผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจซื้อ นอกจากนี้ลักษณะสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ยังเป็นดัชนีในการบ่งบอกถึงว่าการหมักเพียงพอหรือยัง ตลอดจนสามารถบ่งชี้ ถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

การเกิดสีชมพูแดงในผลิตภัณฑ์แหนมเกิดเนื่องจากไมโอโกลบิน (myoglobin) ถูกออกซิไดซ์เป็นเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ซึ่งต่อมาถูกรีดิวส์เป็นไนโตรโซไมโอโกลบิน (nitrosomyoglobin) ในสภาพที่มีไนตริคออกไซด์ (nitric oxide) นอกจากนี้ไนไตร ไซไมโอโกลบินอาจจะเปลี่ยนเป็นเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ในสภาพที่มีออกซิเจนทำให้เกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลได้ (ภาพที่ 1) (Klettner and Baumgartner, 1980)

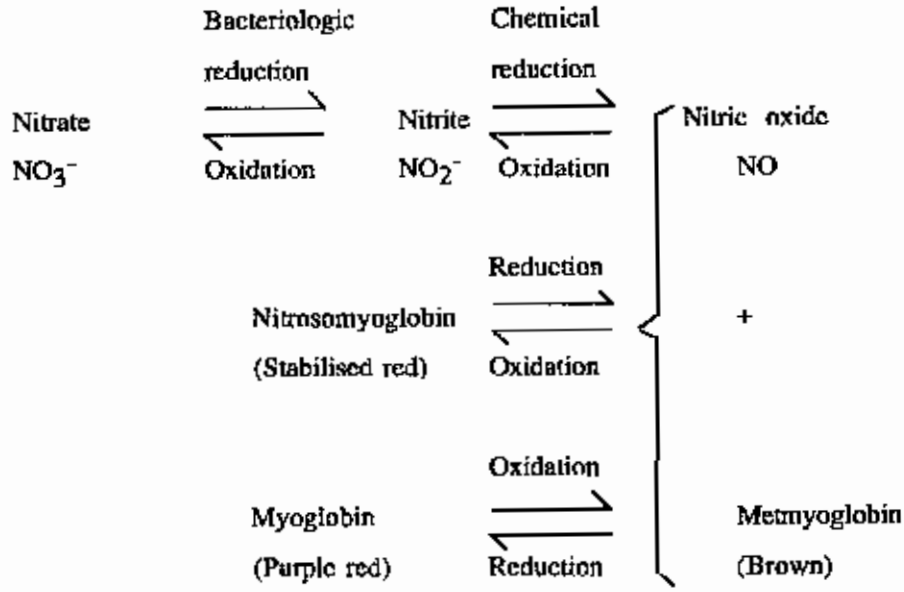


Fig. 1 Chemical changes involved in the development of coloring pigments in meat product

การพัฒนาสีชมพูแดงของแหนมจะดีขึ้นและมีความคงตัว ขึ้นกับปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งควรมีปริมาณออกซิเจนต่ำสุด และความเป็นกรดเป็นด่างควรจะต่ำอย่างเพียงพอ สารประกอบไนเตรทจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ได้ด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นพวก denitrifying micrococci ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวมักเกิดที่มีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.6 (Nurmi, 1966) ถ้าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำเกินไปในช่วงต้นของการหมัก จุลินทรีย์พวก micrococci อาจถูกยับยั้ง ยังผลให้มีปริมาณไนเตรทเหลืออยู่มากในผลิตภัณฑ์ได้

การรีดิวส์สารประกอบไนไตรท์เป็นไนตริคออกไซด์ สามารถเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวได้ด้วยการใช้ Ascorbic acid หรือ Sodium ascorbate หรือการปรับสภาพให้ความเป็นกรดเป็นด่างต่ำ และอุณหภูมิที่ใช้หมักที่สูง ต่อมาไนตริคออกไซด์จะรวมตัวกับเมทไมโอโกลบินเพื่อเปลี่ยนรูปเป็นไนตริคออกไซด์เมทไมโอโกลบิน (nitric oxide metmyoglobin) ซึ่งต่อมาจะถูกรีดิวส์เป็นไนโตรโซไมโอโกลบิน ได้สีชมพูแดงเฉพาะของผลิตภัณฑ์แหนม

ดังนั้นการใช้ไนเตรท และไนไตรท์ร่วมกันในการพัฒนาสีของผลิตภัณฑ์แหนมจึงมีความสำคัญยิ่ง (ไพโรจน์ และ คณะ, 2536) ไนไตรท์และเกลือแกงที่มีอยู่ในสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อจะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโทษ รวมทั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Adams, 1986 ; Wood, 1985) ดังนั้นไนไตรท์จะมีบทบาทที่สำคัญต่อการพัฒนาสีและทำให้สีมีความคงตัวในช่วงต้นของการหมัก ก่อนที่ระบบจะมีสภาพความเป็นกรดที่ต่ำเกินไป ซึ่งรายงานของ Deibel และคณะ (1961) รายงานว่ากิจกรรมของเชื้อในการเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์นั้นควรจะเกิดในระหว่าง 2-16 ชั่วโมงแรกของการหมัก ขณะที่การสร้างกรดโดยเชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติค

ได้จะเริ่มขึ้นหลังจาก 8-16 ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นชัดเจนว่า เชื้อแบคทีเรียที่มีส่วนต่อการพัฒนาสีในผลิตภัณฑ์แหนมควรมีกิจกรรมที่เกิดขึ้นก่อนที่จะถูกยับยั้งเนื่องจากสิ่งแวดล้อมที่เป็นกรดมากขึ้น ดังนั้น การใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม จึงนับว่ามีแนวโน้มที่จะประสบผลสำเร็จต่อการพัฒนาสีและลักษณะปรากฏอื่น ๆ ที่ดีของผลิตภัณฑ์แหนม การใช้เชื้อแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ ร่วมกับการใช้เชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคได้จะเป็นการกระตุ้นให้มีการพัฒนาสีให้เร็วขึ้นเนื่องจากแหนมที่มีสภาพกรดมากขึ้น ไนไตรท์จะถูกเปลี่ยนเป็นไนตริคออกไซด์ ซึ่งจะรวมตัวกับรงควัตถุในเนื้อไมโอโกลบินและเปลี่ยนเป็นสีชมพูแดงของไนโตรโซไมโอโกลบินในเวลาต่อมา (Wiriyacharee, 1990)

ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสีของแหนมสูตรต่าง ๆ ที่มีความผันแปรในปริมาณไนเตรท และไนไตรท์ รวมทั้งผลของไนเตรทและไนไตรท์ร่วมกับเชื้อที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ *Micrococcus varians* ต่อลักษณะสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะใช้วิธีการวัดสีจากเครื่องวัดสี (ในค่า L^*, a^*, b^* system expressed as value, hue, chroma ตามลำดับ) เพื่อต้องการทราบในรายละเอียดของการพัฒนาสีของผลิตภัณฑ์แหนม

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การวางแผนการทดลอง การวิจัยครั้งนี้ได้มีการวางแผนการทดลอง 2 แบบดังนี้

1. **การทดลองที่ 1** การวางแผนการทดลอง 2^2 Factorial design โดยมีสารประกอบโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์เป็นปัจจัยหลักในการศึกษา 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 (ตารางที่ 1) และประกอบด้วยสิ่งทดลอง ณ ระดับกึ่งกลางของแต่ละปัจจัยอีก 2 สิ่งทดลอง รวมเป็น 6 สิ่งทดลอง

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

Treatment	Coded level	Factors for study	
		$NaNO_3$ (ppm)	$NaNO_2$ (ppm)
	+	500	200
	0	350	150
	-	200	100
(1)		-	-
a		+	-
b		-	+
ab		+	+
cp_1		0	0
cp_2		0	0

a = $NaNO_3$; b = $NaNO_2$; (1) = control ;
cp = centerpoint

2. **การทดลองที่ 2** การวางแผนการทดลองโดยแบ่งสิ่งทดลองออกเป็น 6 สิ่งทดลองใน 2 สิ่งทดลองแรกจะใช้เฉพาะโซเดียมไนเตรทเท่านั้น โดยสิ่งทดลองแรกจะใช้เชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคได้ร่วมกับ *Micrococcus varians* สิ่งทดลองที่สองจะไม่ใช้เชื้อ *Micrococcus varians* ร่วมกับเชื้อที่สร้างกรดแลคติคได้ อย่างไรก็ตาม สิ่งทดลองที่ 3 และ 4 จะใช้เฉพาะโซเดียมไนไตรท์เท่านั้น โดยแยกเป็นสิ่งทดลองทั้งสองในด้านการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมเช่นเดียวกับสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ นอกจากนี้สิ่งทดลองที่ 5 และ 6 จะใช้ทั้งโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมเช่นเดียวกับสิ่งทดลองที่ 1, 3 และ 2, 4 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

Table 2 **Sodium nitrate, sodium nitrite and *Micrococcus varians* for this experiment.**

Treatment	$NaNO_3$ (ppm)	$NaNO_2$ (ppm)	Starter cultures
1	500	0	LP, PC, MV
2	500	0	LP, PC
3	0	200	LP, PC, MV
4	0	200	LP, PC
5	500	200	LP, PC, MV
6	500	200	LP, PC

LP = *Lactobacillus plantarum* (10^3 cfu/g)

PC = *Pediococcus cerevisiae* (10^6 cfu/g)

MV = *Micrococcus varians* (10^3 cfu/g)

กระบวนการผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม

นำหมูเนื้อแดงมาเลาะเอามันออกล้าง และทำให้สะเด็ดน้ำ เช็ดให้แห้งโดยใช้ผ้าสะอาดนำมาบดด้วยเครื่องบดเนื้อ นำไปเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส ส่วนหนังหมูนำมาเลาะเอาส่วนมันออกให้มากที่สุด นำมาต้มและหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 0.1 x 2-4 เซนติเมตร เก็บไว้ในตู้เย็นเช่นกัน ทำการเตรียมกระเทียมสดบดละเอียด พริกไทยป่น พริกขี้หนูบดละเอียด ข้าวเหนียว และข้าวเจ้าบดละเอียด กลูโคส เกลือแกง โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โซเดียมอิริโธเบท โซเดียมไนเตรท (ปัจจัยที่ศึกษา) โซเดียมไนไตรท์ (ปัจจัยที่ศึกษา) และผงชูรส โดยเตรียมในสัดส่วนดังแสดงในตาราง 1 และ 3 (การทดลองที่ 1) และ 2 และ 3 (การทดลองที่ 2)

ทำการผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสมที่ความเร็ว 40 รอบต่อนาที ประมาณ 1 นาที จึงเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมที่เตรียมขึ้นในสัดส่วนดังตารางที่ 3 (การทดลองที่ 1) และตารางที่ 2 และ 3 (การทดลองที่ 2) โดยการทดลองที่ 2 จะทำการผันแปรในส่วนของ *Micrococcus varians* (ตารางที่ 2) ผสมเข้าด้วยกันในเครื่องผสมความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที ประมาณ 2 นาที นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในเครื่อง stuffer และอัดเข้าสู่ถุงพลาสติกรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร น้ำหนักต่อแท่งประมาณ 100 กรัม รัดปลายหัวท้ายให้แน่นด้วย clips เหล็ก เก็บบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

Table 8 Ingredients and quantity for Nham production made with mixed bacterial starter cultures ($NaNO_3$, $NaNO_2$ and *Micrococcus varians* as the main studied factors).

Ingredients	Quantity
Meat system :	
Ground lean meat (%)	60
Sliced pork skin (%)	40
Curing agent :	% of meat system
Sodium chloride (NaCl)	3
Sodium nitrate ($NaNO_3$)[1]	0-0.05
Sodium nitrite ($NaNO_2$)[1]	0-0.01
Sodium tripolyphosphate($Na_5P_3O_{10}$)	0.3
Sodium erythorbate	0.05
Starter cultures :	cfu/g of meat system
Lactobacillus plantarum	10^8
Pediococcus cerevisiae	10^8
Micrococcus varians[2]	10^8
Carbohydrate source :	% of meat system
Glucose	0.5
Sticky rice	1
Cooked rice	3
Seasonings :	% of meat system
Minced garlic	4
White pepper powder	0.05
Minced bird chilli	1
MSG	0.2

1. Factors for study in experiment 1 and 2
2. Factors for study in experiment 2

การเตรียมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม

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

ก่อนที่จะนำเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นดังกล่าวไปใช้ในกระบวนการผลิตสิ่งที่จำเป็นต้องกระทำคือ การตรวจนับจำนวนเชื้อดังกล่าวเพื่อต้องการทราบจำนวน และสามารถนำไปคำนวณว่าควรจะต้องเติมลงไปในระบบเท่าใดจึงจะเป็นไปตามสัดส่วนที่ต้องการ โดยเชื้อที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้จะถูกตรวจนับในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar ส่วนเชื้อที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ได้จะถูกตรวจนับในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI agar เมื่อทราบจำนวนคิดเป็น cfu/ml แล้วจะนำมาคำนวณดังนี้

ตัวอย่างแหนมต้องการ *P. cerevisiae* 10^6 cfu/g ดังนั้น 1 กิโลกรัมของแหนม ต้องการเชื้อถึง 10^9 cfu แต่ใน stock culture ของ *P. cerevisiae* มี 10^{10} cfu/ml ดังนั้นใน 0.1 ml ของ stock culture จะมีเชื้อ *P. cerevisiae* 10^9 เป็นต้น อย่างไรก็ตาม 0.1 ml ของ stock culture ยากต่อการเติมและผสมผสานให้เข้ากันในกระบวนการ ดังนั้นจึงเติมน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วลงไปอีก 2 ml ก่อนเติมลงในกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์คุณภาพของสีที่ปรากฏ

หลังเสร็จสิ้นการผลิตแหนมแล้ว ตัวอย่างแหนมจะถูกนำมาเก็บบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในทุกสิ่งทดลอง และจะทำการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ลักษณะสีที่ปรากฏ (colour appearance) โดยใช้เครื่องวัดสี Chroma meter CR-310 (Minolta camera Co. Ltd, 1991) ในช่วง 0, 6, 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง โดยทำการวัดค่า L^*, a^*, b^* system (expressed as value, hue, chroma ตามลำดับ)

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองวัดสีที่ปรากฏจะนำมาวิเคราะห์ด้านสถิติ เช่น Analysis of variance และ Stepwise regression analysis โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Stat-Packets Package (Walonick,1987) ตลอดจนนำข้อมูลมาทำการสร้างกราฟประกอบการพิจารณาผลการทดลอง เพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่ศึกษาต่อลักษณะสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการหมักแหนมที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในเวลา 48 ชั่วโมง

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองที่ 1

จากการทดลองผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมที่มีการผันแปรปริมาณโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ พบว่าเมื่อบรรจุแหนมในถุงพลาสติกเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่าหลังจาก 3 ชั่วโมงจะมีการเปลี่ยนสีของแหนมจากสีน้ำตาลอ่อนเป็นสีแดง ปรากฏว่าที่เวลาเริ่มต้นหลังจากการเสร็จสิ้นการผลิตค่าของสีเมื่อเทียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐานแต่ละสิ่งทดลองจะมีค่าสีในช่วง 5 YR 7/4 ถึง 5 YR 7/6 คือมีสีเหลืองส้มอมน้ำตาลอ่อน และเมื่อเวลาผ่านไปการเปลี่ยนแปลงสีจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะสิ่งทดลองที่ใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรท 500 ppm และโซเดียมไนไตรท์ 200 ppm มีสีชมพูแดงหลังจาก 6 ชั่วโมงของการหมัก คือ มีค่าสีเป็น 5R 7/4 และคงมีสีชมพูจางลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลา 48 ชั่วโมงของการหมัก (วิริยจารี และ ผู้ร่วมงาน, 2536)

จากการวัดสีด้วยการใช้เครื่องวัดสี Chroma meter CR-310 ในแหนมที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม ที่มีการผันแปรปริมาณโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ พบว่าค่า L^* ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ถึงความเข้ม-อ่อนของสี จะขึ้นกับปริมาณโซเดียมไนไตรท์ 12 ที่เติมลงไปในสูตรในชั่วโมงแรกของการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.03$ ดังแสดงในสมการ (coded equation) ดังนี้

$$L^*\ (0\ \text{hour}) = 61.2013 - 2.3244\ (NaNO_2)\quad R^2 = 0.7374$$

อย่างไรก็ตามค่าของ L^* ในชั่วโมงที่ 48 ยังขึ้นกับปริมาณโซเดียมไนไตรท์ และความสัมพันธ์ระหว่างโซเดียมไนเตรทและไนไตรท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ดังแสดงในสมการ (coded equation) ดังนี้

$$L^*\ (48\ \text{hours}) = 55.1121 + 0.4466\ (NaNO_2) + 0.2909\ (NaNO_3 \times NaNO_2)$$
$$R^2 = 0.8956$$

อย่างไรก็ตามค่าของ L^* ในชั่วโมงแรกเริ่มของการผลิตจะมีค่าอยู่ในช่วง 60.5369-63.4118 ซึ่งเป็นการบ่งบอกได้ว่า สีที่ปรากฏจะมีค่าค่อนข้างเข้ม และพบว่าในสิ่งทดลองที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรท 500 ppm และโซเดียมไนไตรท์ 200 ppm มีค่า L^* เท่ากับ 56.7735 ± 0.2387 ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ จากสิ่งทดลองอื่น ๆ นั่นหมายถึง สิ่งทดลอง ดังกล่าวมีความเข้ม-อ่อน ของสีแดงมาทางด้านความอ่อนมากกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ นั่นเอง

ในระหว่างการหมักแหนมค่า L^* จะมีแนวโน้มลดลงของความเข้ม-อ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างการหมักแหนม 48 ชั่วโมงที่ $P<0.01$ ดังแสดงในสมการ (coded equation) ดังนี้

$$L^* = 63.6795 - 0.1543 \text{ (Time)} \quad R^2 = 0.5275$$

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าค่า L^* ในช่วงแรกของการหมักมีค่าอยู่ในช่วง 56.7735-63.4118 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจากการหมักผ่านไป 6 ชั่วโมงโดยมีค่า L^* เท่ากับ 62.5808 - 64.2204 และหลังจากการหมักผ่านถึงไป 24 ชั่วโมง ค่าของ L^* จะมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ยกเว้นในสิ่งทดลองที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ที่มีระดับกึ่งกลางของระดับที่ศึกษา คือ มีปริมาณโซเดียมไนเตรท 350 ppm และโซเดียมไนไตรท์ 150 ppm จะมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่ 24 กล่าวคือ มีค่า L^* เท่ากับ 53.3385 - 58.4029 และตั้งแต่ชั่วโมงที่ 24 เป็นต้นมา แนวโน้มของค่า L^* จะลดลงอย่างมาก โดยมีค่า L^* เท่ากับ 54.5676-56.0426

นอกจากนี้สิ่งทดลองที่ใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรทในระดับที่สูง 500 ppm (สิ่งทดลองที่ 2) หรือสิ่งทดลองที่ใช้ปริมาณโซเดียมไนไตรท์ในระดับที่สูง 200 ppm (สิ่งทดลองที่ 3) หรือสิ่งทดลองที่ใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรทในระดับสูง (500 ppm) ร่วมกับการใช้ปริมาณโซเดียมไนไตรท์ในระดับสูง (200 ppm) ด้วย (สิ่งทดลองที่ 4) จะมีค่า L^* ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน 6 ชั่วโมง (ตารางที่ 4) แต่ในช่วง 12 ชั่วโมง - 48 ชั่วโมงของการหมัก ค่า L^* ในสิ่งทดลองที่ 4 จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ จากสิ่งทดลองอื่น ๆ (ตารางที่ 4) แม้กระทั่งในชั่วโมงที่ 48 สิ่งทดลองที่ 4 ซึ่งมีการใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ในระดับที่สูงยังคงมีความเข้ม-อ่อน ของสีแดงที่เข้มกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ (ตารางที่ 4)

อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์วาเรียนซ์พบว่าปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ L^* ของผลิตภัณฑ์แหนมในระหว่าง 48 ชั่วโมงของการหมักแหนม (ตารางที่ 5) ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของ L^* ในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมัก พบว่ามีค่า 61.3056 ± 3.0260 และ 60.9139 ± 3.4054 เมื่อมีการใช้โซเดียมไนเตรทที่ระดับ 500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ และมีค่า L^* เท่ากับ 61.4271 ± 3.1767 และ 60.7923 ± 3.2444 เมื่อมีการใช้โซเดียมไนไตรท์ที่ระดับ 200 ppm และ 100 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

Table 4 Value (L^*) change during 48 hours of Nham fermentation using different levels of sodium nitrate and sodium nitrite with mixed bacterial starter cultures.

Treatment	Fermentation time (hours)					
	0	6	12	18	24	48
(1)	63.1961±0.3165^{a}	62.5808±0.3240^{a}	63.8827±0.4475^{a}	61.9032±0.1997^{a}	62.0743±0.1977^{a}	54.9229±0.2693^{ac}
a	58.4118±0.4585^{a}	63.2417±0.1597^{b}	62.9733±0.3377^{b}	62.5309±0.1985^{b}	62.1402±0.3253^{a}	54.5876±0.2224^{a}
b	60.5868±0.1602^{b}	63.2183±0.2015^{b}	62.9775±0.4151^{b}	62.3521±0.3937^{b}	62.7030±0.2495^{b}	55.2843±0.4678^{c}
ab	56.7735±0.2387^{c}	63.2600±0.1140^{b}	61.2759±0.4409^{c}	63.0520±0.2301^{c}	63.1365±0.2929^{c}	56.0426±0.3142^{b}
cp1	61.6121±0.2656^{d}	64.2204±0.7216^{c}	63.7368±0.2891^{a}	62.6170±0.1617^{b}	58.3885±0.2847^{d}	54.9091±0.8005^{a}
cp2	61.6776±0.4880^{d}	62.4177±0.4488^{a}	63.0496±0.5380^{b}	63.4496±0.2488^{d}	58.4020±0.2437^{e}	56.0021±0.1088^{a}

a = $NaNO_3$; b = $NaNO_2$; (1) = control ; cp = centerpoint

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

Table 5 Mean of L^* a^* b^* during 48 hours of Nham fermentation made with mixed bacterial starter cultures at different level of sodium nitrate and sodium nitrite.

Factors	L^*	a^*	b^*
Sodium nitrate			
500 ppm	61.3056±3.0260	8.4300±2.2891	12.6059±1.5174
200 ppm	60.9139±3.4054	8.6675±2.4556	12.5044±1.3495
Sodium nitrite			
200 ppm	61.4271±3.1767	8.4801±2.5199	12.6209±1.5132
100 ppm	60.7923±3.2444	8.6174±2.2227	12.4895±1.3528

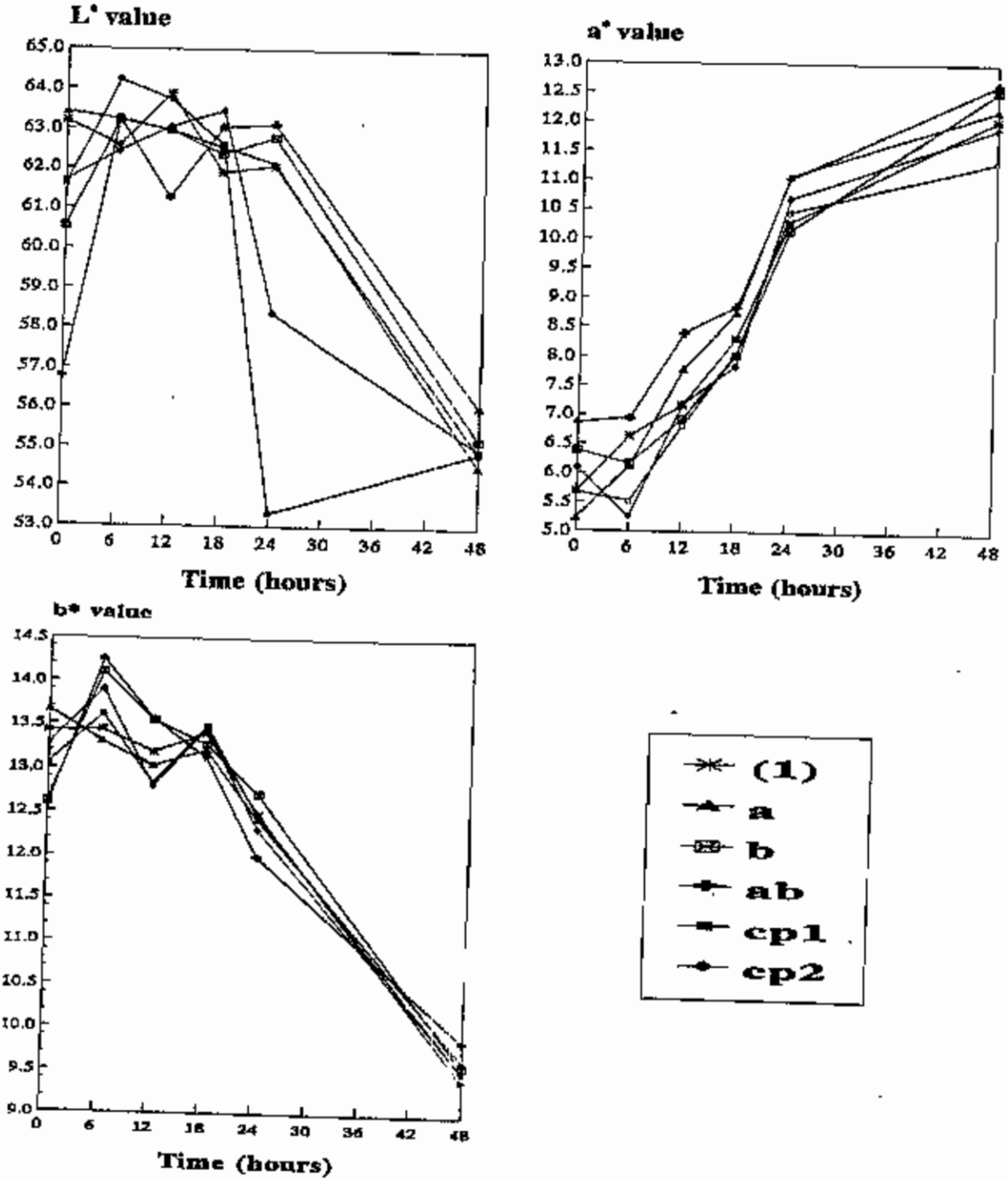


Fig. 2 L^* a^* b^* changes during 48 hours of Nham fermentation made with bacterial starter cultures with sodium nitrate and sodium nitrite; a = $NaNO_3$; b = $NaNO_2$; (1) = control ; cp = centerpoint.

ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าของ a^* ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ถึงค่าสีแดง-เขียว โดยที่ถ้าหากมีค่าบวกจะมีสีออกสีแดง ถ้าหากมีค่าลบจะมีสีออกสีเขียว ซึ่งจากการทดลองผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมที่มีการผันแปรปริมาณโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ พบว่าในชั่วโมงแรกเริ่มของการผลิต (0 ชั่วโมง) ค่า a^* จะขึ้นอยู่กับปริมาณโซเดียมไนไตรท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.02$ และปริมาณความสัมพันธ์ระหว่างโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ อย่างไรก็ตามในชั่วโมงที่ 12, 18 และ 24 ของการหมักแหนม ค่า a^* จะขึ้นกับปริมาณของโซเดียมไนเตรทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ดังแสดงในสมการ (coded equation) ดังนี้

$$a^* \text{ (0 hour)} = 5.9876 + 0.5841\ (NaNO_2) + 0.2342\ (NaNO_2 \times NaNO_3) \quad R^2 = 0.9285$$

$$a^* \text{ (12 hours)} = 7.3841 + 0.5192\ (NaNO_3) \quad R^2 = 0.5966$$

$$a^* \text{ (18 hours)} = 8.3477 + 0.3110\ (NaNO_3) \quad R^2 = 0.5039$$

$$a^* \text{ (24 hours)} = 10.6168 + 0.4143\ (NaNO_3) \quad R^2 = 0.9450$$

ในระหว่างการหมักแหนมในช่วง 48 ชั่วโมง ค่า a^* จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นั่น หมายถึงค่าของสีแดงของผลิตภัณฑ์จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างการหมักแหนม 48 ชั่วโมงที่ $P < 0.01$ ดังแสดงในสมการ (coded equation) ดังนี้

$$a^* = 5.9038 + 0.1402\ (\text{Time}) \quad R^2 = 0.8785$$

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าค่า a^* ในช่วงแรกของการหมักมีค่าอยู่ในช่วง 5.2257- 6.3864 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการหมักผ่านไป 24 ชั่วโมง กล่าวคือ ค่า a^* ใน 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 10.1551-11.0668 และค่า a^* จะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยหลังจากการหมักได้ 48 ชั่วโมงคือ มีค่า a^* เท่ากับ 11.3249-12.6549

สิ่งทดลองที่ใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรทในระดับที่สูง (500 ppm) ร่วมกับการใช้โซเดียมไนไตรท์ในระดับที่สูง (200 ppm) (สิ่งทดลองที่ 4) จะมีค่า a^* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ จากสิ่งทดลองอื่น ๆ กล่าวคือ เมื่อมีการใช้โซเดียมไนเตรท (500 ppm) ร่วมกับการใช้โซเดียมไนไตรท์ (200 ppm)ในสูตรการผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมจะได้แหนมที่มีลักษณะสีที่ปรากฏเป็นสีแดงมากกว่าการใช้สูตรการผลิตในสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ (ตารางที่ 6) และสูตรการผลิตแหนมสูตรที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ในระดับที่สูง จะมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของสีแดงที่ปรากฏในผลิตภัณฑ์มากขึ้นเรื่อย ๆ ในระหว่างการหมัก 48 ชั่วโมง อีกทั้งยังพบว่าค่าลักษณะสีที่ปรากฏสีแดง (a^*) ของผลิตภัณฑ์ในสิ่งทดลองดังกล่าว (สิ่งทดลองที่ 4) มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ จากสิ่งทดลองอื่น ๆ เช่นกันในแต่ละช่วงเวลาของการหมัก 0, 6, 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง (ตารางที่ 6)

จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ พบว่าปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของสีแดงที่ปรากฏ (a^*) ในผลิตภัณฑ์แหนมในระหว่าง 48 ชั่วโมงของการ

หมักแหนม (ตารางที่ 5) ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของลักษณะสีแดงที่ปรากฏในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมักพบว่ามีค่า 8.4300 + 2.2891 และ 8.6675 + 2.4556 เมื่อมีการใช้โซเดียมไนเตรทที่ระดับ 500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ และมีค่าสีแดงที่ปรากฏในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมักท่ากับ 8.4801 + 2.5199 และ 8.6174 + 2.2227 ตามลำดับ เมื่อมีการใช้โซเดียมไนไตรท์ที่ระดับ 200 ppm และ 100 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

Table 6 Hue (a^*) change during 48 hours of Nham fermentation using different levels of sodium nitrate and sodium nitrite with mixed bacterial starter cultures.

Treatment	Fermentation time (hours)					
	0	6	12	18	24	48
(1)	6.6867±0.1984^{a}	6.6372±0.4038^{a}	7.1750±0.2697^{a}	8.3158±0.0644^{a}	10.2910±0.0868^{a}	12.0588±0.1611^{a}
a	6.2257±0.2853^{b}	6.1197±0.1618^{b}	7.7043±0.1698^{b}	8.7457±0.1572^{b}	11.0668±0.1560^{b}	12.2149±0.3271^{ac}
b	6.3864±0.1702^{c}	6.1603±0.0866^{b}	6.9368±0.2553^{ad}	8.0322±0.1043^{c}	10.1551±0.1085^{a}	12.5439±0.2552^{bc}
ab	6.8624±0.2780^{d}	6.9417±0.2031^{d}	8.4044±0.2654^{c}	8.8460±0.0870^{b}	11.0865±0.0854^{b}	12.6549±0.3900^{b}
cp1	5.6716±0.1504^{a}	5.5190±0.6455^{c}	6.8142±0.1855^{d}	8.3078±0.1634^{a}	10.4634±0.1445^{c}	11.3249±0.2984^{d}
cp2	6.0926±0.1398^{e}	5.2644±0.1901^{c}	7.1901±0.2167^{a}	7.8390±0.1007^{d}	10.6878±0.1917^{d}	11.9019±0.2880^{a}

a = $NaNO_3$; b = $NaNO_2$, (1) = control ; cp = centerpoint

mean within column with different superscripts differ significantly P<0.05

ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าของ b^* ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ถึงค่าสีเหลือง-น้ำเงิน โดยที่ถ้าหากมีค่าบวกจะมีค่าสีออกมาทางสีเหลือง ถ้าหากเป็นค่าลบจะมีค่าสีออกมาทางสีน้ำเงิน ซึ่งจากการทดลองผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมที่มีการผันแปรปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ พบว่า ในช่วงแรกเริ่มของการหมักถึง 6 ชั่วโมงของการหมัก ค่า b^* จะขึ้นอยู่กับปริมาณโซเดียมไนไตรท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ โดยที่ถ้าหากมีปริมาณโซเดียมไนไตรท์มากขึ้นจะลดค่า b^* ลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ ในชั่วโมงแรกของการหมัก แต่จะมีผลตรงข้ามถ้าเป็นชั่วโมงที่ 6 ของการหมัก ในชั่วโมงที่ 24 ค่า b^* จะขึ้นกับปริมาณของโซเดียมไนเตรทและความสัมพันธ์ร่วมระหว่างโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ แต่ปรากฏว่าในชั่วโมงที่ 48 ค่า b^* จะขึ้นอยู่กับทั้งปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.04$ และ $P < 0.08$ ตามลำดับ กล่าวคือ ถ้าหากมีปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์มากขึ้นจะเพิ่มค่าของ b^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.04$ และ

P< 0.08 ตามลำดับ ดังแสดงในสมการ (coded equation) ดังนี้

$$b^*\ (0\ hour) = 13.1005 - 0.4737\ (NaNO_2) \quad R^2 = 0.9312$$

$$b^*\ (6\ hours) = 13.7672 + 0.4054\ (NaNO_2) \quad R^2 = 0.9158$$

$$b^*\ (24\ hours) = 12.4008 - 0.1975\ (NaNO_3) - 0.1628\ (NaNO_3 \times NaNO_2) \quad R^2 = 0.9182$$

$$b^*\ (48\ hours) = 9.5961 + 0.1293\ (NaNO_3) + 0.0963\ (NaNO_2) \quad R^2 = 0.8723$$

ในระหว่างการหมักแหนมในช่วง 48 ชั่วโมง ค่า b^* จะมีแนวโน้มลดลง นั่นคือ ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน ที่ปรากฏในระบบจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ ในระหว่างการหมักแหนม 48 ชั่วโมง ดังแสดงในสมการ (coded equation) ดังนี้

$$b^* = 14.0296 + 0.0817\ (Time) \quad R^2 = 0.8041$$

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่า ค่า b^* ในช่วงแรกของการหมักมีค่าอยู่ในช่วง 12.5704 - 13.6640 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 6 ชั่วโมง และจะลดลงในช่วงหลัง 6 ชั่วโมงจนถึง 18 ชั่วโมง ซึ่งมีค่า b^* ค่อนข้างคงที่ในช่วงดังกล่าว แต่จะลดลงอย่างรวดเร็ว ในช่วง 24 ชั่วโมงของการหมัก (ค่า b^* เท่ากับ 11.9947 - 12.4933) และจะลดลงมากในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมัก กล่าวคือ มีค่า b^* ลดลงเหลือ 9.5238 - 9.8717

สิ่งทดลองที่ใช้ปริมาณโซเดียมไนไตรท์ในระดับที่สูง (200 ppm) (สิ่งทดลองที่ 3) หรือสิ่งทดลองที่ 4ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรทและไนไตรท์ ในระดับที่สูง (500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ) จะมีค่า b^* ที่ปรากฏแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ กล่าวคือ มีค่า b^* เท่ากับ 12.5704 - 12.6204 (ตารางที่ 7) ซึ่งมีผลการทดลองในทำนองเดียวกันนี้ตลอดช่วง 12 ชั่วโมง และพบว่า ค่า b^* จะมีค่าลดลงอย่างมากในสิ่งทดลองที่ 4 ซึ่งเป็นสูตรแหนมที่มีการใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ในระดับที่สูง (500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ (มีค่า b^* ลดลงเหลือ 11.9947±0.2618) อย่างไรก็ตามเมื่อการหมักแหนมสิ้นสุดที่ 48 ชั่วโมงของการหมักแล้ว ค่า b^* ในทุกสิ่งทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 9.5238-9.8717 ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละสูตรการทดลองของแหนม (ตารางที่ 7)

อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ของค่า b^* พบว่า ปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ สีเหลือง-น้ำเงิน ที่ปรากฏ (b^*) ในผลิตภัณฑ์แหนมในระหว่าง 48 ชั่วโมงของการหมักแหนม (ตารางที่ 5) ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของลักษณะ สีเหลือง-น้ำเงิน ที่ปรากฏในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมัก พบว่ามีค่าเท่ากับ 12.6059 + 1.5174 และ 12.5044 + 1.3495 เมื่อมีการใช้โซเดียมไนเตรทที่ระดับ 500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ และมีค่าเท่ากับ 12.6209±1.5132 และ 12.4895±1.3528 เมื่อมีการใช้โซเดียมไนไตรท์ที่ระดับ 200 ppm และ 100 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

Table 7 Chroma (b^*) change during 48 hours of Nham fermentation using different levels of sodium nitrate and sodium nitrite with mixed bacterial starter cultures.

Treatment	Fermentation time (hours)					
	0	6	12	18	24	48
(1)	13.4215±0.1155^{a}	13.4344±0.2081^{a}	13.1882±0.1604^{a}	13.3973±0.0570^{a}	12.4933±0.3162^{ac}	9.4204±0.2523
a	13.6640±0.4262^{a}	13.3020±0.1298^{a}	13.0364±0.3472^{a}	13.2149±0.1535^{a}	12.4239±0.2780^{ac}	9.6482±0.0631
b	12.6204±0.6204^{b}	14.1076±0.3274^{b}	13.5428±0.1188^{b}	13.2795±0.1355^{a}	12.7152±0.1331^{a}	9.5821±0.2050
ab	12.5704±0.1166^{b}	14.2503±0.5464^{b}	13.5546±0.2013^{b}	13.1359±0.1604^{b}	11.9947±0.2618^{b}	9.8717±0.2768
cp1	13.0544±0.2677^{c}	13.6112±0.2039^{c}	12.8318±0.2363^{a}	13.4801±0.1520^{c}	12.4667±0.2568^{ac}	9.5238±0.3217
cp2	13.2725±0.3268^{ac}	13.8974±0.4117^{c}	12.8056±0.7945^{a}	13.4510±0.2329^{c}	12.3108±0.1847^{bc}	9.5306±0.2122

a = $NaNO_3$; b = $NaNO_2$; (1) = control ; cp = centerpoint

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

ดังนั้นการผลิตแหนมที่ใช้โซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ ในปริมาณที่แตกต่างกันในสูตรการผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม พบว่า สูตรการผลิตแหนมที่มีการใช้โซเดียมไนเตรท 500 ppm และใช้โซเดียมไนไตรท์ 200 ppm เป็นสูตรที่ใช้สีที่ปรากฏที่ดีกว่าสูตรอื่นๆ กล่าวคือ มีค่า a^* หรือ Hue ที่ 12.6549±0.3900 ที่ 48 ชั่วโมงของการหมักและค่า b^* หรือ chroma ที่ค่า 9.8717±0.2768 ที่ 48 ชั่วโมงของการหมักเช่นกัน ซึ่งจากค่าทั้งสองนี้จะให้ค่าสีปรากฏเป็นสีชมพูแดง (Red pink colour) โดยที่ค่า value หรือ L^* วัดได้ที่ 56.0426±0.3142 ที่ 48 ชั่วโมงของการหมัก จึงพอสรุปได้ว่าแหนมที่ผลิตจากสูตรดังกล่าวข้างต้น โดยการใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมนั้น จะให้สีปรากฏเป็นสี bright red pink ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเติมโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ลงในสูตรการผลิตแหนมนั้นเพื่อให้สีของผลิตภัณฑ์มีสีชมพูแดง ทั้งนี้เนื่องมาจากไนเตรทจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ โดยการกระทำของเชื้อ *Micrococcus varians* ซึ่งเชื้อดังกล่าวจะสามารถเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ได้ดีในช่วงแรกของการหมัก ที่ pH ยังไม่ลดลงมากนัก คือ ประมาณ 5.4-6.0 และไนไตรท์ที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนมาอยู่ในรูปไนตริคออกไซด์ ซึ่งจะรวมตัวกับรงควัตถุของเนื้อ (Myoglobin) ได้สาร nitrosomyoglobin (Nurmi, 1966; Wiriyacharee, *et.al.*, 1990) ซึ่งมีสีชมพูแดง แต่ไม่คงตัว ตัวมันเองสามารถเปลี่ยนกลับมาอยู่ในรูป metmyoglobin ซึ่งถ้าหากมีการเก็บแหนมไว้นาน ๆ แหนมอาจจะมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นได้ ดังนั้นในสูตรการผลิตแหนมจึงได้มีการเติม sodium erythobate ลงไปในสูตรการผลิต โดยที่สารดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็น reducing agent ที่สามารถป้องกันการเกิด metmyoglobin ในผลิตภัณฑ์ได้ โดยที่สามารถเปลี่ยน metmyoglobin เป็น myoglobin ได้ อย่างไรก็ตามสีชมพูแดงที่เกิดขึ้นในแหนมจะเกิดขึ้นได้นั้นจำเป็นที่ไนไตรท์จะต้องถูกเปลี่ยนไปเป็นไนตริคออกไซด์ ซึ่งไนตริคออกไซด์

ที่ไม่ไปรวมตัวกับ myoglobin ก็จะสูญหายไป ปริมาณของ sodium erythobate ที่มากเกินไปจะทำให้ไนไตรท์มีการแตกตัว มีผลต่อการสูญเสียไนไตรท์ได้ จึงควรระมัดระวังต่อการเติมสารดังกล่าวเช่นกัน ควรเติมในปริมาณที่เหมาะสม (ลักขณา, 2533) ซึ่งจะได้มีการทดลองต่อไปเพื่อหาข้อสรุปในเรื่องนี้

ผลการทดลองที่ 2

การผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม โดยได้ทำการวิจัยถึงผลของโซเดียมไนเตรท โซเดียมไนไตรท์ และการเติมหรือไม่เติมเชื้อแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ต่อลักษณะสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ จากการสุ่มตัวอย่างแหนมดังกล่าวมาวัดค่าสีโดยใช้ Chroma meter CR-310 (Minolta camera Co.Ltd, 1991) ในระหว่าง 48 ชั่วโมงของการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่า สีปรากฏของแหนมจะเริ่มแตกต่างกันตั้งแต่ชั่วโมงแรกเริ่มของการหมัก สังเกตจากข้อมูลในตารางที่ 8 สูตรของแหนมที่มีการใช้ปริมาณโซเดียมไนเตรท 500 ppm และโซเดียมไนไตรท์ 200 ppm ร่วมกับการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 3 ประเภท คือ *L. plantarum*, *P. cerevisiae* และ *M. varians* พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีปรากฏในด้าน value (L^*) ที่มีค่ามากกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ กล่าวคือ มีค่าสีอ่อน-เข้มที่ค่อนข้างมาทางด้าน อ่อน (light) มากกว่านั่นเอง ในชั่วโมงแรกเริ่มของการหมัก อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า value (L^*) นี้จะเพิ่มอย่างรวดเร็วจนกระทั่งถึงชั่วโมงที่ 18 คือ เริ่มจากค่า value (L^*) เท่ากับ 52.5441 - 57.4806 เป็น 59.8917 - 61.9462 (ภาพที่ 3) หลังจากนั้นค่า value (L^*) ของผลิตภัณฑ์จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 24-48 ชั่วโมงของการหมักโดยเฉพาะในสิ่งทดลองที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับ 500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ ร่วมกับการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 3 สายพันธุ์ดังกล่าวข้างต้น มีอัตราเร็วของการเพิ่มขึ้นของค่า value (L^*) สูงกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ ตลอดช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของการหมักแหนม แต่จะไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองอื่น ๆ ในชั่วโมงที่ 48 (ตารางที่ 8) ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 2 ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้เฉพาะโซเดียมไนเตรทร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 2 สายพันธุ์ที่เป็นเชื้อที่สร้างกรดแลคติกได้เท่านั้น แต่ในสูตรดังกล่าวจะไม่มีเชื้อที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทเป็นไนไตรท์เลย ซึ่งพบว่า ค่า value (L^*) ในสูตรดังกล่าวมีค่าค่อนข้างต่ำกว่าสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 6 ของการหมักแหนม

สำหรับ ค่า Hue (a^*) ของผลิตภัณฑ์แหนมที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมนั้น ปรากฏว่า ในระหว่างการหมักแหนมตลอด 48 ชั่วโมง การพัฒนาสีแดง-เขียว ของผลิตภัณฑ์ จะปรากฏสีแดง (a^* มีค่าเป็นบวก) โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากชั่วโมง เริ่มต้นมีค่า a^* 6.3509-7.8604 และค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยในชั่วโมงที่ 48 สามารถวัดค่า a^* ได้เท่ากับ 10.9736-15.1042 (ตารางที่ 9) โดยเฉพาะสูตรการผลิตแหนมที่ใช้โซเดียมไนเตรท 500 ppm และโซเดียมไนไตรท์ 200 ppm (สูตรการทดลองที่ 5) มีแนวโน้มการพัฒนาสีชมพูแดงเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าสูตรอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน (ภาพที่ 3)

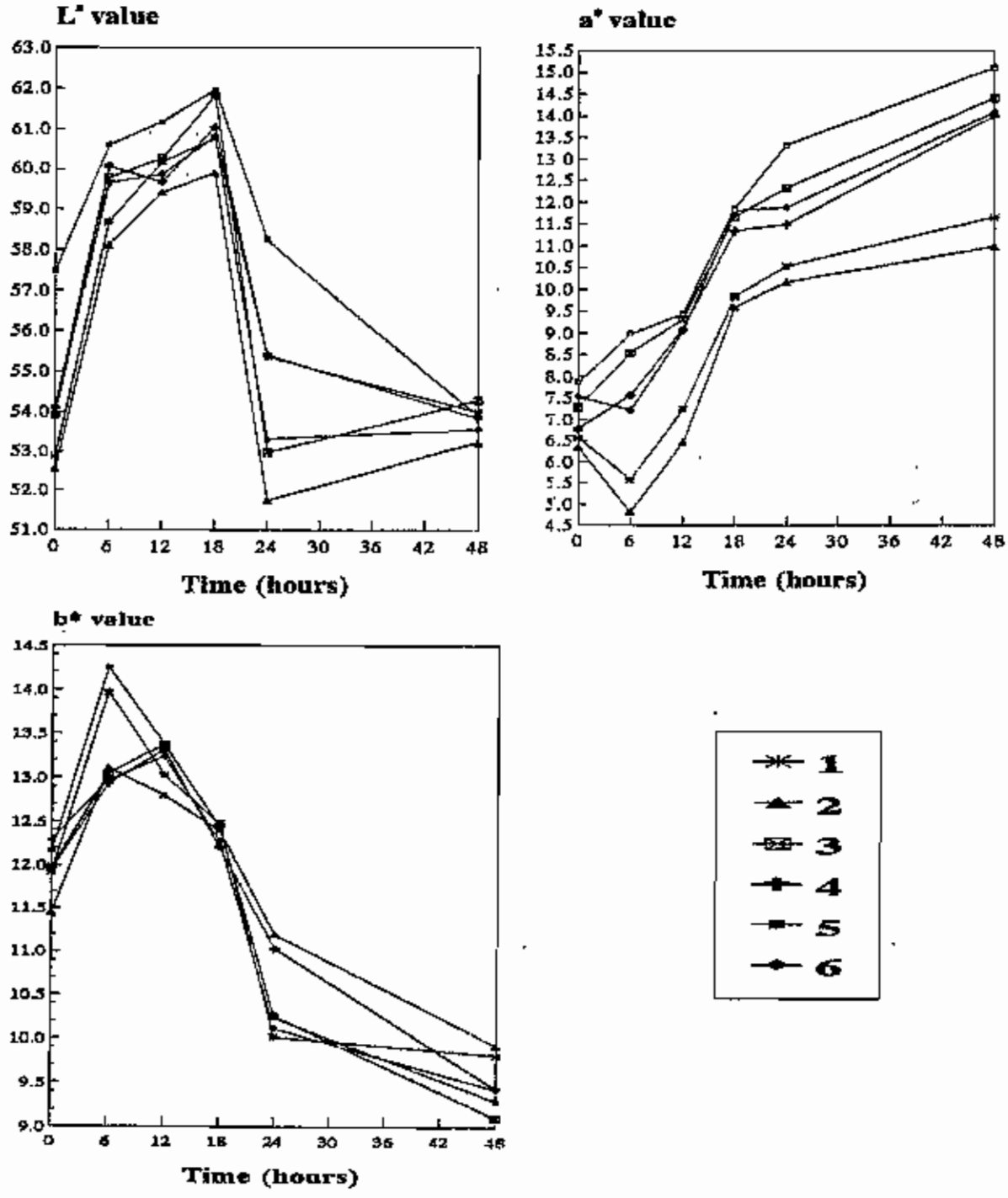


Fig. 3 L^* a^* and b^* changes during 48 hours of Nham fermentation using with/without sodium nitrate and sodium nitrite and with/without *M. varians* as mixed starter cultures.

Table 8 Value (L^*) change during 48 hours of Nham fermentation using with/without sodium nitrate and sodium nitrite and with/without *M. varians* as mixed starter cultures.

Treatment	Fermentation time (hours)					
	0	6	12	18	24	48
1	52.8662±0.4321^{a}	58.6875±0.2472^{a}	60.1747±0.1423^{bc}	60.7681±0.2267^{a}	55.3897±0.1840^{a}	52.9948±0.1720^{a}
2	52.5441±0.1618^{a}	58.1069±0.4560^{b}	59.4064±0.1984^{b}	59.8917±0.2525^{b}	51.7533±0.1207^{b}	52.2305±0.1500^{b}
3	53.9090±0.3055^{b}	59.7613±0.2685^{c}	60.2570±0.1836^{c}	61.8228±0.1383^{c}	52.9830±0.3548^{c}	54.2806±0.1239^{a}
4	54.0972±0.4008^{b}	60.0593±0.4909^{c}	59.6876±0.1001^{af}	61.0361±0.2396^{d}	55.4117±0.2870^{a}	53.8495±0.2891^{a}
5	57.4806±0.4001^{c}	60.5842±0.3075^{d}	61.1677±0.1668^{d}	61.9462±0.1634^{c}	58.2490±0.6958^{d}	53.9161±0.9658^{a}
6	53.9326±0.2766^{b}	59.6498±0.1179^{c}	59.8547±0.3731^{f}	60.8077±0.1868^{ad}	53.9205±0.3890^{e}	53.5612±0.1052^{a}

mean within column with different superscripts differ significantly P<0.05

อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตว่า ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 6 ของการหมักเป็นต้นไป สูตรแหนมในสูตรที่ 1 และ 2 ที่มีการใช้เฉพาะแต่โซเดียมไนเตรท (500 ppm) ร่วมกับการใช้และไม่ได้ใช้เชื้อ *M. varians* นั้น มีการพัฒนาสีชมพูแดงที่ต่ำกว่าแหนมในสูตรที่ 3-6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ อีกทั้งเมื่อทำการเปรียบเทียบแหนมสูตรที่ 1 และ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าการใช้เชื้อบริสุทธิ์ *M. varians* มีการพัฒนาสีชมพูแดงที่มากกว่าสูตรที่ไม่มีการใช้เชื้อ *M. varians* ร่วมในการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 (ตารางที่ 9)

นอกจากนี้พบว่าการใช้เฉพาะโซเดียมไนไตรท์ (200 ppm) ร่วมกับการใช้และไม่ใช้เชื้อ M. varians ในการผลิตแหนมนั้น (สูตรที่ 3 และ 4) พบว่าทั้งสองสูตรมีการพัฒนาสีชมพูแดงดีกว่าการใช้โซเดียมไนเตรทในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 และสูตรที่ 3 ที่มีเชื้อ *M. varians* ในสูตรการผลิตจะมีการพัฒนาสีชมพูแดงที่มากกว่าสูตรที่ 4 ที่ไม่มีการใช้เชื้อ *M. varians* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 (ตารางที่ 9)

เมื่อมีการใช้โซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ ในสูตรการผลิตแหนมในระดับ 500 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ มีการพัฒนาสีชมพูแดงที่มากกว่าการใช้เฉพาะโซเดียมไนเตรท หรือโซเดียมไนไตรท์ อย่างใดอย่างหนึ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 โดยเฉพาะในสูตรที่ 5 ที่มีการใช้เชื้อบริสุทธิ์ *M. varians* ร่วมด้วยมีการพัฒนาสีชมพูแดงที่ดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 ตลอดช่วงการหมัก 48 ชั่วโมง(ตารางที่ 9)

สำหรับค่า chroma (b^*) ของผลิตภัณฑ์แหนมที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมนั้น ปรากฏว่า การเปลี่ยนแปลงค่า สีเหลือง-น้ำเงิน ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง

6-12 ชั่วโมงของการหมัก (ภาพที่ 3) และลดลงหลังจาก 12 ชั่วโมงค่อนข้างมากจนกระทั่ง 24 ชั่วโมงของการหมัก แต่หลังจาก 48 ชั่วโมงของการหมัก การลดลงของค่า b^* จะลดลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับที่ 24 ชั่วโมงของการหมัก จากการทดลองค่า b^* มีค่าเป็นบวกแสดงว่าผลิตภัณฑ์แหนมมีค่าสีออกมาทางสีเหลืองมากกว่าสีน้ำเงิน

จากผลการทดลองพบว่าที่ชั่วโมงแรกเริ่มของการหมัก แหนมมีค่า b^* เท่ากับ 11.4431-12.2911 โดยที่เป็นที่น่าสังเกตว่า สูตรแหนมที่ใช้เฉพาะโซเดียมไนเตรท 500 ppm โดยไม่มีเชื้อ *M. varians* จะมีค่า b^* ที่ต่ำกว่าสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ (ตารางที่ 10)

Table 9 Hue (a^*) change during 48 hours of Nham fermentation using with/without sodium nitrate and sodium nitrite and with/without *M. varians* as mixed starter cultures.

Treatment	Fermentation time (hours)					
	0	6	12	18	24	48
1	6.5717 ± 0.1009^{a}	5.5794 ± 0.1350^{a}	7.2514 ± 0.1775^{a}	9.5414 ± 0.1418^{a}	10.5276 ± 0.1778^{a}	11.6397 ± 0.3827^{a}
2	6.3509 ± 0.1121^{b}	4.8188 ± 0.0758^{b}	6.4764 ± 0.0994^{b}	9.5882 ± 0.0706^{b}	10.1641 ± 0.1204^{b}	10.8736 ± 0.4437^{b}
3	7.2758 ± 0.2526^{c}	5.5366 ± 0.1885^{c}	8.3286 ± 0.1786^{c}	11.6681 ± 0.0872^{c}	12.3163 ± 0.2403^{c}	14.4053 ± 0.2840^{c}
4	6.7828 ± 0.1498^{b}	7.5707 ± 0.2162^{d}	9.0875 ± 0.2564^{d}	11.3406 ± 0.1720^{d}	11.4861 ± 0.0993^{d}	13.9954 ± 0.1239^{d}
5	7.8804 ± 0.1095^{d}	5.9826 ± 0.0870^{e}	9.4385 ± 0.1351^{c}	11.8451 ± 0.1715^{e}	13.3190 ± 0.2398^{e}	15.1042 ± 0.2725^{c}
6	7.5870 ± 0.1930^{e}	7.2215 ± 0.1741^{f}	9.0295 ± 0.1218^{d}	11.8204 ± 0.0691^{ce}	11.8823 ± 0.1708^{f}	14.0729 ± 0.1118^{cd}

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

แต่ในชั่วโมงที่ 6 ของการหมัก แหนมสูตรที่ 1 และสูตรที่ 5 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในค่าของ b^* นั่นหมายถึง การที่มีหรือไม่มีโซเดียมไนไตรท์ในสูตรการผลิตจะไม่มีผลต่อค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แต่อย่างใด เมื่อการหมักผ่านไปได้ 12 ชั่วโมง พบว่าการใช้โซเดียมไนเตรท (500 ppm) ร่วมกับการใช้หรือไม่ใช้ *M. varians* มีผลต่อค่า b^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ถ้าไม่มีการใช้ *M. varians* ร่วมในสูตรการผลิตแหนม จะมีค่า b^* ต่ำกว่าที่ใช้เชื้อดังกล่าวในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ (ตารางที่ 10) และมีข้อสังเกตว่ามีแนวโน้มเช่นนี้ในช่วงท้ายของการหมักจนกระทั่ง 48 ชั่วโมง

ดังนั้น การผลิตแหนมที่ใช้โซเดียมไนเตรท โซเดียมไนไตรท์ ในสูตรการผลิตร่วมกับการเติมหรือไม่เติมเชื้อแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทไปเป็นไนไตรท์พบว่าสูตรการผลิตแหนมที่ใช้ทั้งโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ จะมีผลต่อการพัฒนาสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์แหนมดีกว่าการใช้เฉพาะสารดังกล่าวอย่างใดอย่างหนึ่งในสูตร และในสูตรการผลิตแหนมที่ใช้โซเดียมไนเตรท (500 ppm) และโซเดียมไนไตรท์ (200 ppm) ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์ทั้งสามชนิด คือ *L. plantarum*,

และ *M. varians* เป็นสูตรที่ใช้สีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ดีกว่าสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ กล่าวคือ มีค่า Hue (a^*) ที่ 15.1042±0.2725 ที่ 48 ชั่วโมง ของการหมัก และค่า Chroma (b^*) ที่ 9.2959±0.4190 ที่เวลาดังกล่าว ซึ่งจากค่าทั้งสองนี้จะปรากฏว่าให้ค่าสีที่ปรากฏออกเป็นสีชมพูแดง (Red pink colour) โดยที่มีค่า Value (L^*) เท่ากับ 53.9161±0.9858 ที่ 48 ชั่วโมงของการหมัก ดังนั้น แหนมที่ผลิตได้จึงมีสีปรากฏเป็นสี bright red pink colour ซึ่งมีผลสอดคล้องกับผลการทดลองที่ 1 แต่การทดลองที่ 2 มีค่า Hue (a^*) ที่ค่อนข้างสูงกว่าค่า Hue (a^*) ในการทดลองที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพเนื้อสัตว์ที่นำมาเป็นวัตถุดิบเริ่มแรกในสองการทดลองดังกล่าวมีความแตกต่างกันได้

Table 10 Chroma (b^*) change during 48 hours of Nham fermentation using with/without sodium nitrate and sodium nitrite and with/without *M. varians* as mixed starter cultures.

Treatment	Fermentation time (hours)					
	0	6	12	18	24	48
1	11.9207±0.2912^{ab}	13.0702±0.1219^{a}	13.0301±0.0901^{a}	12.4873±0.1675^{a}	10.0220±0.2372^{a}	9.8148±0.3176^{ac}
2	11.4431±0.3532^{b}	13.1049±0.1114^{b}	12.8056±0.0870^{b}	12.4015±0.0835^{ac}	11.1977±0.4159^{b}	9.9250±0.1708^{a}
3	11.9088±0.4325^{a}	13.0425±0.2518^{b}	13.3701±0.1488^{c}	12.4580±0.1418^{a}	10.2590±0.1322^{a}	9.1106±0.3008^{b}
4	11.9440±0.4629^{a}	12.9333±0.1567^{b}	13.3119±0.1797^{c}	12.2150±0.0708^{b}	11.0387±0.0717^{b}	9.4432±0.4607^{bc}
5	12.1820±0.4125^{a}	14.2492±0.4734^{a}	13.3827±0.1192^{c}	12.4523±0.1134^{ac}	10.2381±0.2868^{a}	9.2959±0.4190^{b}
6	12.2911±0.3189^{a}	12.9842±0.2021^{b}	13.2450±0.1768^{c}	12.2812±0.1868^{bc}	10.1228±0.1975^{a}	9.4883±0.2880^{bc}

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

สรุปผลการทดลอง

สูตรการผลิตแหนมที่ใช้โซเดียมไนเตรท 500 ppm และโซเดียมไนไตรท์ 200 ppm ร่วมกับการใช้เชื้อบริสุทธิ์ *L. plantarum* 10^3 cfu/g, *P. cerevisiae* 10^6 cfu/g และ *M. varians* 10^3 cfu/g มีผลต่อลักษณะสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์แหนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ กล่าวคือ ทำให้อัตราการเกิดสีชมพูแดงของผลิตภัณฑ์เร็วและมีลักษณะที่ดี มีสีที่ปรากฏเป็นสี bright red pink colour เมื่อมีการหมักใน 48 ชั่วโมงที่ 30 องศาเซลเซียส กล่าวคือ มีค่า Hue (a^*) เท่ากับ 12.6549±0.3900 ถึง 15.1042±0.2725 และมีค่า chroma (b^*) เท่ากับ 9.2959±0.4190 ถึง

9.8717±0.2768 และมีค่า value (L^*)เท่ากับ 53.9161±0.9858 ถึง 56.0426±0.3142

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

ไพโรจน์ วิริยจารี, ลักขณา รุจนะไกรกานต์, และ สุชาดา อนุตรกุล. (2536) การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 6.ผลของไซเดียมไนเตรท ไซเดียมไนไตรท์ และเชื้อ *Micrococcus varians* ต่อสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์,วารสารเกษตร,กำลังดำเนินการพิมพ์อยู่

ลักขณา รุจนะไกรกานต์. (2533). เทคโนโลยีอาหารเนื้อสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Adam, M.R. 1986. Progress in Industrial Microbiology. Volume 23. Micro-organisms in the Production of Food. Elsevier Science Publishers. B.V. the Netherlands

Deibel, R.H., C.F.Jr. Niren, and G.D. Wilson. (1961) Microbiology of meat curing III. Some microbiological and related technological aspects in the manufacture of fermented sausages. Appl. Microbiol,. 9:156-165

Klettner, P.G., and P.A. Baumgartner. 1980. The technology of raw dry sausage. Food Technol. in Austr. 32(8):380-384.

Minolta Camera. Co., Ltd., (1991) Chroma Meter CR-300/CR-310/CR-321/CR-331/CR-331C, Instruction Manual, Minotta Osaka 541, Japan.

Nurmi, E. (1966). Effect of bacterial innoculations on characteristics and microbial flora of dry sausage. Thesis, University of Helsinki, Finland, Acta Agra Finnica No. 108.

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

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

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

Wood, B.J.B. 1985. Microbiology of Fermented Foods. Elsevier Applied Science Publishers Ltd., London.

ตำรา
การใช้สารกำจัดวัชพืช

ถึงแม้ว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชจะเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดปัญหาการแก่งแย่งแข่งขันของวัชพืชในพืชปลูกชนิดต่างๆ ได้ก็ตาม แต่การที่จะใช้ให้ปลอดภัย-ได้ผลดีที่สุดนั้น ผู้ใช้จำเป็นต้องมีความรู้เป็นอย่างดีเสียก่อน มิฉะนั้นแล้วอาจทำให้เกิดความเสียหายได้

หนังสือ **"ตำราการใช้สารกำจัดวัชพืช"** นี้ ได้บรรจุเนื้อหาที่สำคัญและเป็นประโยชน์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการใช้สารเคมีที่ถูกต้อง ปลอดภัย ได้ผลดี มีประสิทธิภาพ และคุ้มค่าที่สุด นอกจากนี้ยังมีคำแนะนำการใช้สารกำจัดวัชพืชในพืชปลูกชนิดต่างๆ รายชื่อสารเคมีผลิตภัณฑ์ (ชื่อการค้า) ชื่อสามัญพร้อมปริมาณสารออกฤทธิ์ของสารกำจัดวัชพืชในประเทศไทย ซึ่งจะสามารถใช้ตำราเล่มนี้เป็นคู่มือประกอบการปฏิบัติงานของนักส่งเสริม นักวิชาการ ผู้นำเกษตร เกษตรกร(ก้าวหน้า) นักเรียน นิสิต นักศึกษา พนักงานบริษัท บุคลากร ในร้านจำหน่ายเคมีเกษตร ตลอดจนผู้สนใจที่มีโอกาสเกี่ยวข้องกับสารกำจัดวัชพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม

187 หน้า

ราคา 120 บาท

เทคโนโลยีการพ่นสารกำจัดวัชพืช ด้วยระบบน้ำน้อย CDA

การใช้สารเคมีเพื่อควบคุมวัชพืช เป็นวิธีการหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมกันอย่างกว้างขวาง ทั้งในและนอกพื้นที่ทำการเกษตร การใช้สารกำจัดวัชพืช ตั้งแต่เดิมมานั้น ส่วนใหญ่เป็นการพ่นด้วยเครื่องพ่นแบบถังสะพายหลัง หรือแบบเครื่องยนต์ติดปั๊มอัดลม น้ำที่ใช้ผสมพ่นต่อไร่ จึงมีปริมาณมาก ดังนั้นจึงอาจทำให้เกิดข้อเสียหลายอย่าง และที่สำคัญที่สุดก็คือทำให้เกิดสภาวะการสิ้นเปลืองสารเคมี เพราะละอองสารเคมีอาจมีการสูญเสียโดยการไหลจากใบวัชพืชลงสู่ดิน หรือปลิวระเหยออกไปในอากาศ การใช้สารกำจัดวัชพืชด้วยเครื่องพ่นระบบน้ำน้อย ซีดีเอ นี้เป็นเทคนิคใหม่ในวงการวัชพืชของประเทศไทย หนังสือเล่มนี้จึงเหมาะสำหรับนักศึกษา นักส่งเสริม และนักวิจัยรวมทั้งเกษตรกรก้าวหน้า

99 หน้า

ราคา 85 บาท

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