

ผลของโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพเนรม  
ที่ผลิตโดยใช้ Glucono-delta-lactone ร่วมกับ  
เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม

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

สุทธา บุญธนาม<sup>1/</sup> ไพโรจน์ วิริยจารี<sup>2/</sup> และ นินนาท ชินประหัต<sup>3/</sup>

Suthaya Boonthanom<sup>1/</sup>, Pairote Wiriya-  
charee<sup>2/</sup>, and Ninnart Chinprahast<sup>3/</sup>

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

<sup>1/</sup> ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

<sup>2/</sup> Food Technology Department, Faculty of Agro-Industry, Maejo Institute of Agricultural Technology, Chiangmai 50290.

<sup>3/</sup> ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

<sup>2/</sup> Product Development Technology Department, Faculty of Agro-Industry, Chiangmai University, Chiangmai 50200.

<sup>3/</sup> ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

<sup>3/</sup> Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330.

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

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

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

## บทนำ

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

สภาพที่มีออกซิเจน ทำให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้ (Klettner and Baumgartner, 1980)

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

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

สำหรับในการทดลองต่อไปนี้จะศึกษาเกี่ยวกับปริมาณสารไนเตรทและสารไนไตรท์ที่เหมาะสมกับการพัฒนาศักยภาพของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ GDL และเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมในการผลิตโดยจะวัดสีของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นตลอดจนค่าความ

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

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### การเตรียมเชื้อบริสุทธิ์

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

สูตรพื้นฐานการทำแฮม (ไพโรจน์, ถักขมา และอำพัน, 2536)

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

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

### การเตรียมวัตถุดิบ

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

### การผสม

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

ผลของโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพแฮมที่ ผิดโดยใช้ Glucono-delta-lactone ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

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

### แผนการทดลอง

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

ปัจจัย A = โซเดียมไนเตรท (Sodium nitrate;  $\text{NaNO}_3$ )

$a_1$  = 500 ppm (ระดับสูง)

$a_2$  = 200 ppm (ระดับต่ำ)

ปัจจัย B = โซเดียมไนไตรท์ (Sodium nitrite ;  $\text{NaNO}_2$ )

$b_1$  = 200 ppm (ระดับสูง)

$b_2$  = 100 ppm (ระดับต่ำ)

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

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

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

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

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

(1) = Control

a = Sodium nitrate

b = Sodium nitrite

cp1, cp2 = centerpoint

## ผลการทดลองและวิจารณ์

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

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

$$R^2 = 0.7943$$

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

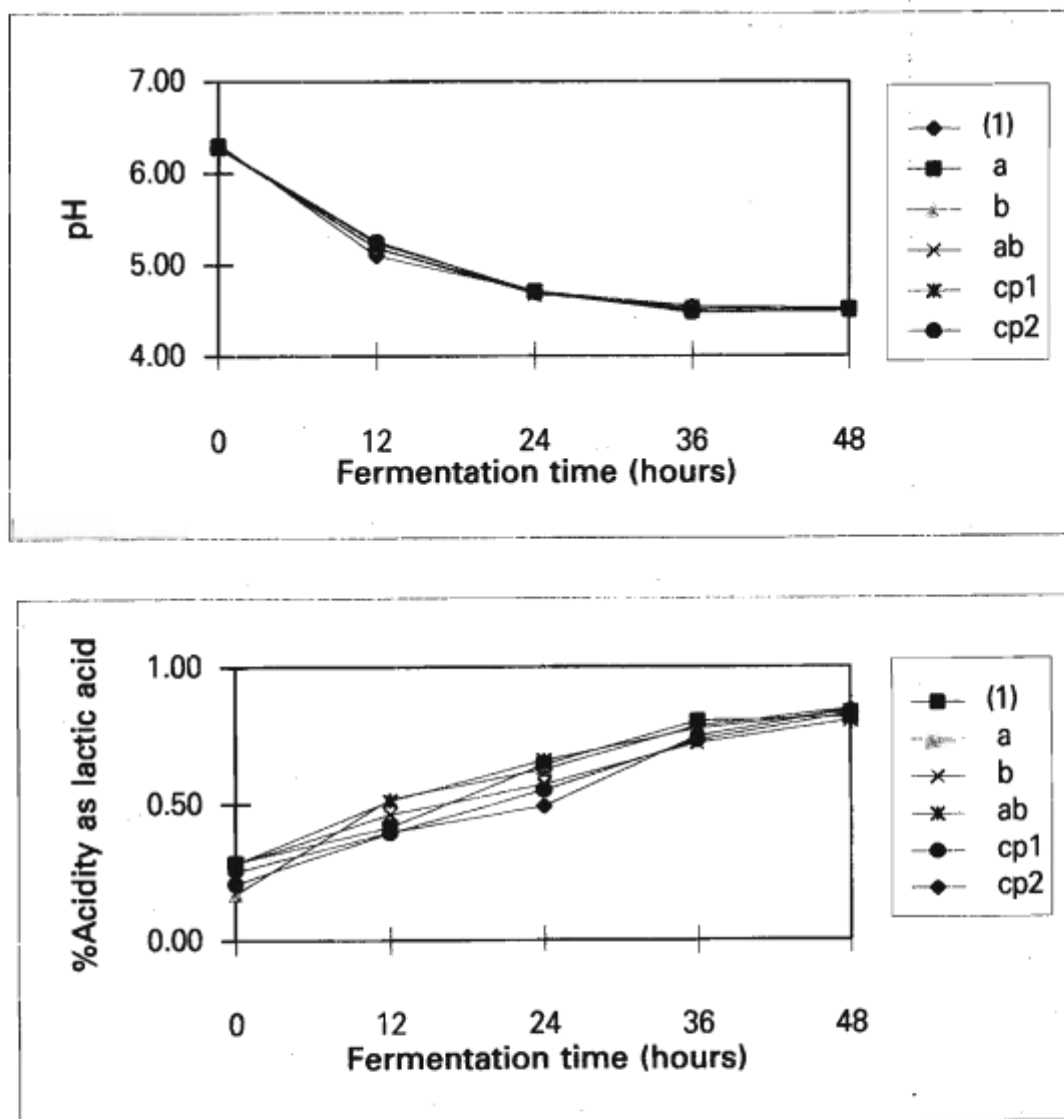
$$R^2 = 0.9309$$

นั่นคือค่าความเป็นกรดต่างและค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกนั้นขึ้นอยู่กับเวลาการหมักเมื่อเพิ่มเวลาให้มากขึ้นค่าความเป็นกรดต่างจะลดลง ขณะเดียวกันก็มีการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดทั้งหมดและจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่า pH ในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมัก พบว่ามีค่า

ผลของโซเดียมไนเตรตและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพหนมที่ผลิตโดยใช้ Glucono-delta-lactone ร่วมกับเชื้อยีสต์เริ่มต้น

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

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



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

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

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

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

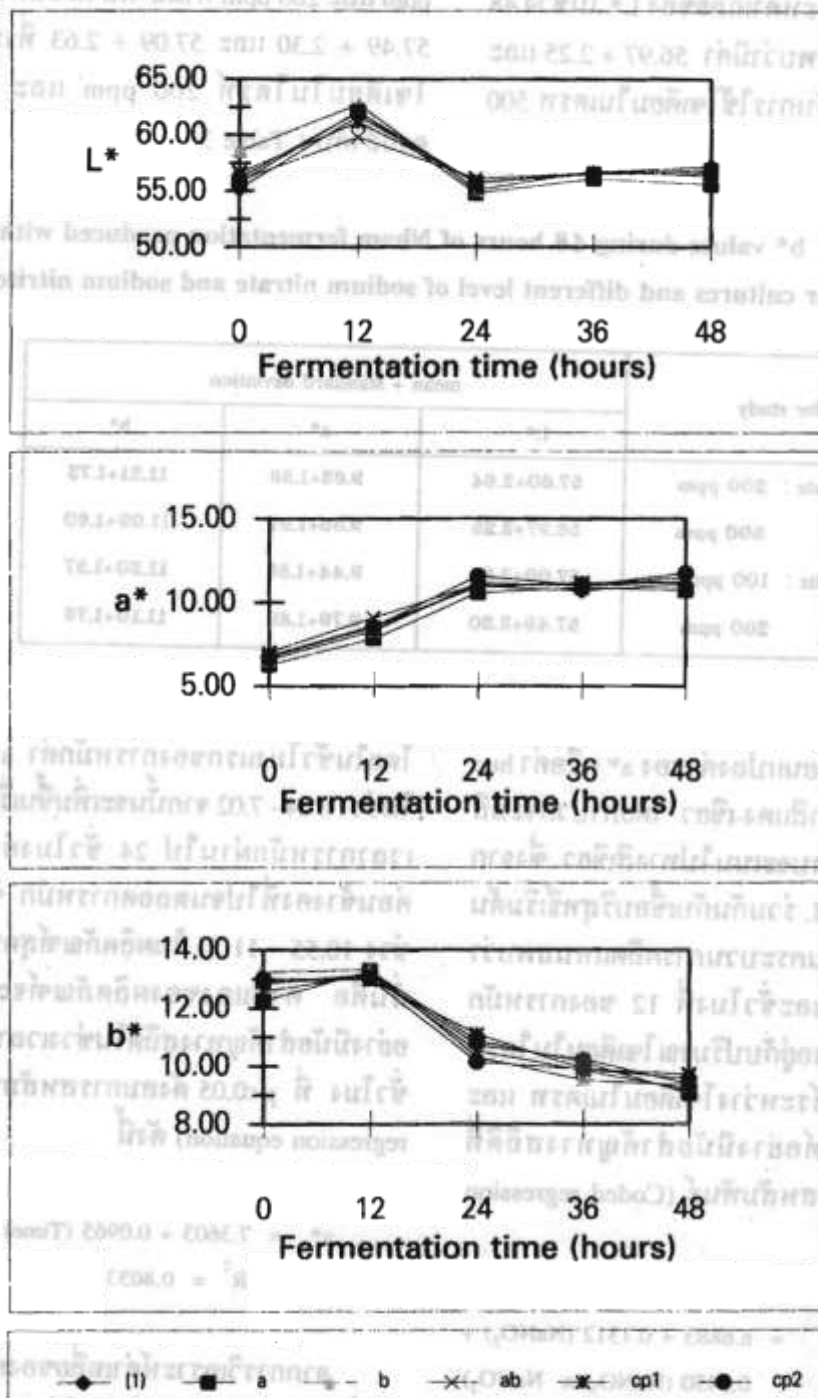
$$L^* (12 \text{ hours}) = 61.6063 - 0.6169 (\text{NaNO}_3) - 0.8531 (\text{NaNO}_3 \times \text{NaNO}_2) \\ R^2 = 0.8505$$

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

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

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

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



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

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของ  $L^*$  ในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมักพบว่า มีค่า  $56.97 \pm 2.25$  และ  $57.60 \pm 2.64$  ที่ระดับการใช้โซเดียมไนเตรท 500

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

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

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

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

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

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

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

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

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

โซเดียมไนไตรท์ 200 ppm และ 100 ppm ตามลำดับ (Table 3)

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

$$\begin{aligned} b^* (0 \text{ hour}) &= 12.8121 - 0.1356 (\text{NaNO}_3) + \\ &\quad 0.1819 (\text{NaNO}_2) \\ R^2 &= 0.8716 \\ b^* (36 \text{ hours}) &= 9.9221 - 0.0575 (\text{NaNO}_3) - \\ &\quad 0.2500 (\text{NaNO}_2) - 0.1050 \\ &\quad (\text{NaNO}_3 \times \text{NaNO}_2) \\ R^2 &= 0.9933 \end{aligned}$$

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

ผลของโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพแฮมที่ผลิตโดยใช้ Glucono-delta-lactone ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

$$\begin{aligned} b^* &= 13.1946 - 0.0841 (\text{Time}) \\ R^2 &= 0.9933 \end{aligned}$$

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

จากผลการทดลองในเรื่องสีของผลิตภัณฑ์ โดยการผันแปรปริมาณโซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ ในผลิตภัณฑ์แฮมที่ใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรด ซึ่งในที่นี้คือ GDL ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมนั้นพบว่าค่าสีของผลิตภัณฑ์ในทุกสิ่งทดลองมีค่าใกล้เคียงกันมากและให้สีชมพูแดง ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย อย่างไรก็ตามคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังต้องอาศัยค่าทางจุลินทรีย์และค่าทางเคมีอื่นๆประกอบกันในการพิจารณาปริมาณโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ที่เหมาะสมต่อไป

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

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

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

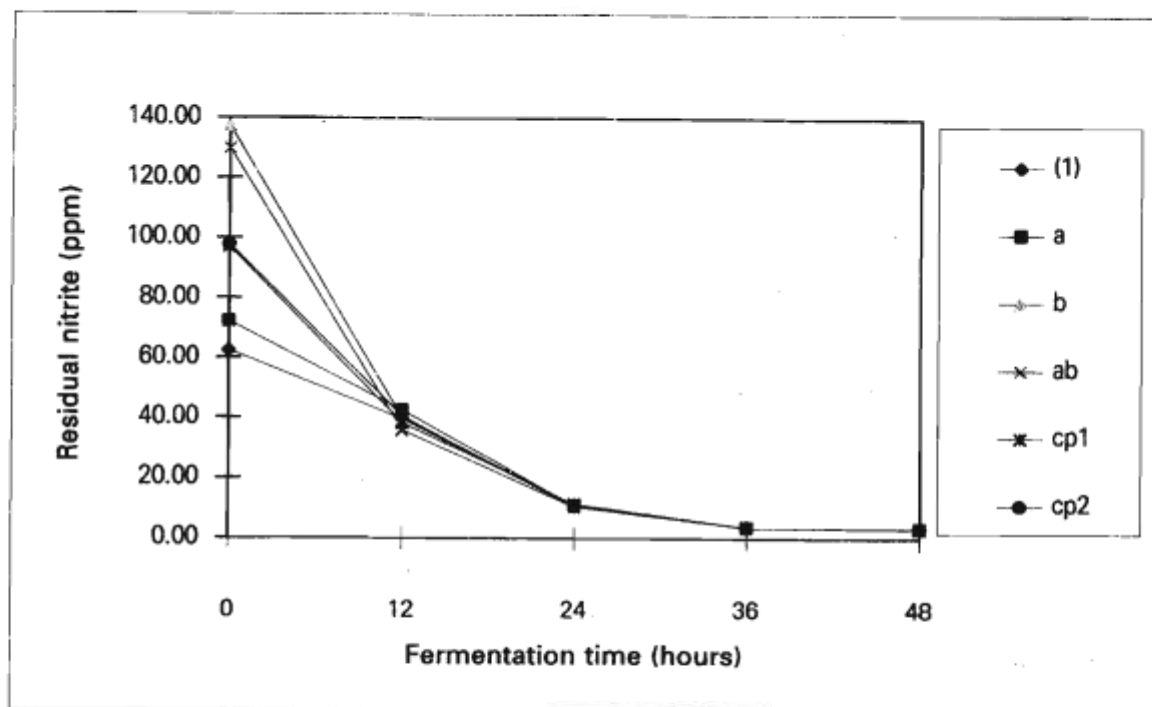


Fig. 3 Residual nitrite in Nham produced with different level of sodium nitrate and sodium nitrite during 48 hours of fermentation.

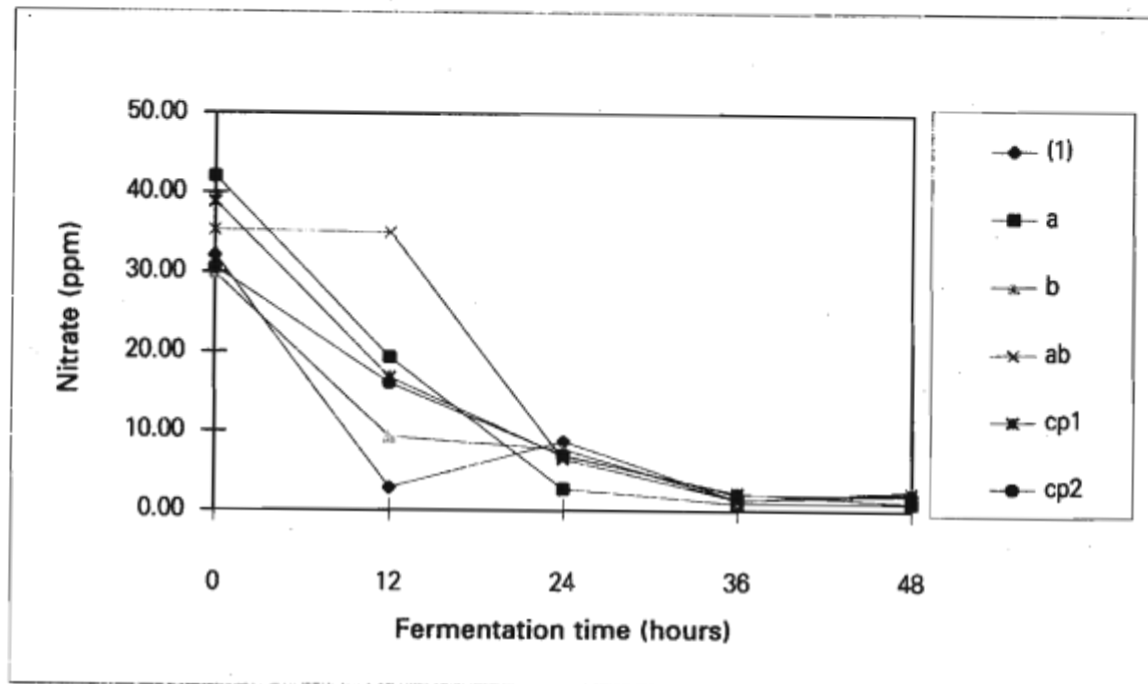


Fig. 4 Residual nitrate in Nham produced with different level of sodium nitrate and sodium nitrite during 48 hours of fermentation.

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

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

$$R^2 = 0.6990$$

และปริมาณสารไนเตรทที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หนามจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณโซเดียมไนเตรทที่

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

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

$$R^2 = 0.7615$$

สำหรับในด้านความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคพบว่า ในสิ่งทดลองที่ใช้

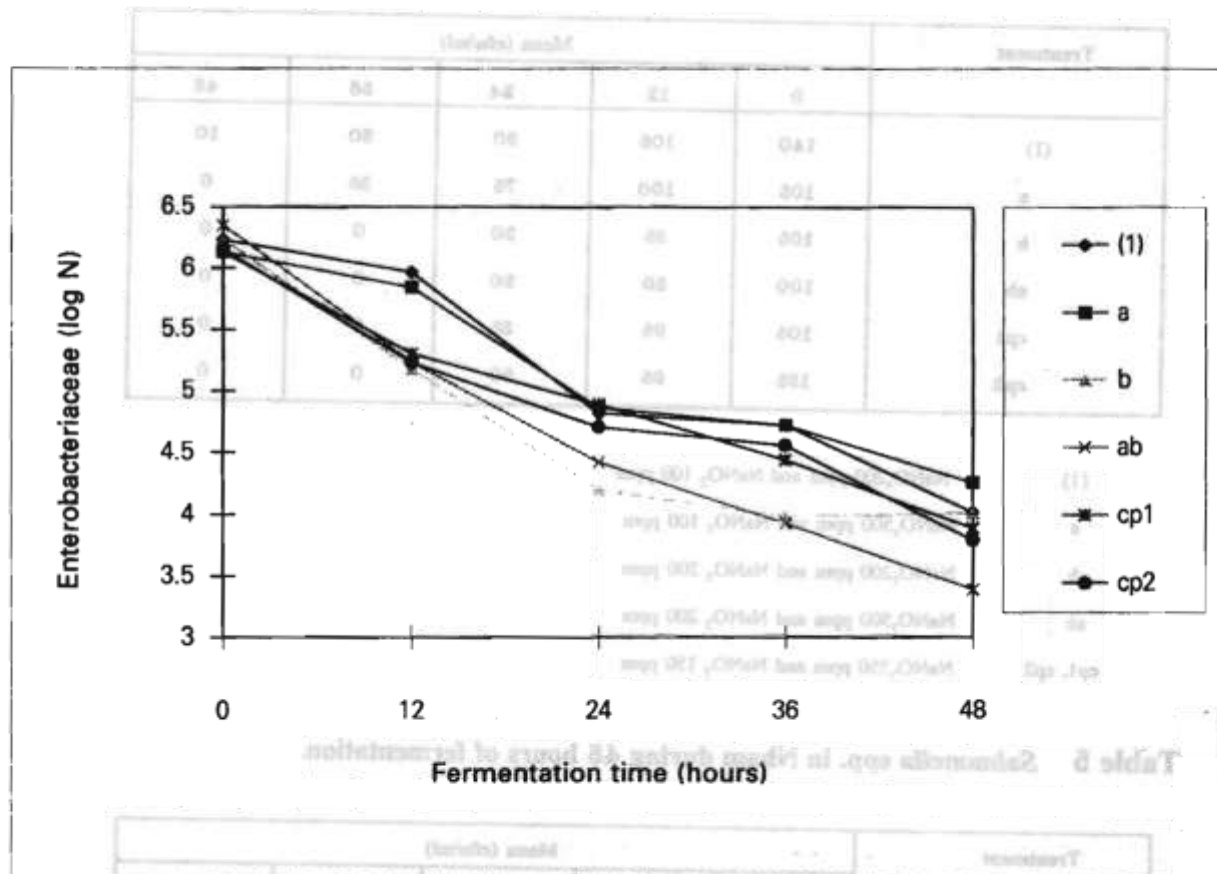
โซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ในระดับสูง (สิ่งทดลองที่ 4) จะสามารถลดเชื้อในกลุ่ม Enterobacteriaceae ลงได้มากกว่าสิ่งทดลองอื่น (Fig. 5) ส่วนสิ่งทดลองที่ตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มดังกล่าวมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ สิ่งทดลองที่ใช้โซเดียมไนเตรทระดับสูงร่วมกับโซเดียมไนไตรท์ระดับต่ำ (สิ่งทดลองที่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

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

แสดงว่าโซเดียมไนไตรท์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อในกลุ่มนี้ได้ ส่วนเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้นนั้นจะมีผลทำให้ค่า pH ลดต่ำลง ซึ่งเป็นสถานะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อดังกล่าวปริมาณเชื้อจึงลดลงเมื่อเพิ่มเวลาการหมักขึ้น

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

ผลของโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพหนมที่  
ผลิตโดยใช้ Glucono-delta-lactone ร่วมกับเชื้อยีสต์เริ่มต้น



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

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

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

- (1) = NaNO<sub>3</sub> 200 ppm and NaNO<sub>2</sub> 100 ppm  
a = NaNO<sub>3</sub> 500 ppm and NaNO<sub>2</sub> 100 ppm  
b = NaNO<sub>3</sub> 200 ppm and NaNO<sub>2</sub> 200 ppm  
ab = NaNO<sub>3</sub> 500 ppm and NaNO<sub>2</sub> 200 ppm  
cp1, cp2 = NaNO<sub>3</sub> 350 ppm and NaNO<sub>2</sub> 150 ppm

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

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

- (1) = NaNO<sub>3</sub> 200 ppm and NaNO<sub>2</sub> 100 ppm  
a = NaNO<sub>3</sub> 500 ppm and NaNO<sub>2</sub> 100 ppm  
b = NaNO<sub>3</sub> 200 ppm and NaNO<sub>2</sub> 200 ppm  
ab = NaNO<sub>3</sub> 500 ppm and NaNO<sub>2</sub> 200 ppm  
cp1, cp2 = NaNO<sub>3</sub> 350 ppm and NaNO<sub>2</sub> 150 ppm

ผลของโซเดียมไนเตรตและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพแฮมที่ผลิตโดยใช้ Glucono-delta-lactone ร่วมกับเชื้อบริสุทรีเริ่มต้น

## สรุปผลการทดลอง

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

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติที่ได้สนับสนุนงานวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

## เอกสารอ้างอิง

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

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

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

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

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

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

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

การวิเคราะห์ผลผลิต

การวิเคราะห์ผลผลิต...