

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แฮมโดยใช้เทคโนโลยี

เชื้อแบคทีเรียเริ่มต้นผสม

4. ผลของเครื่องเทศหลักต่อการผลิตกรด แลกติกในผลิตภัณฑ์

ไพโรจน์ วิริยจารี¹ ลักขณา รุจนะไกรกานต์¹ และ พินริยา รัตนวิชัย¹

NHAM PRODUCT DEVELOPMENT USING MIXED BACTERIAL STARTER CULTURES

4. EFFECT OF MAIN SPICES ON LACTIC ACID PRODUCTION

*Pairote Wiriycharee¹, Lakkana Rujanakraikarn¹ and
Pinriya Ratanavichai¹*

ABSTRACT : The main spices for Nham production made with mixed bacterial starter cultures technology were minced garlic, white pepper powder and minced bird chilli. They were used at three different levels in formulation. For this experiment, it was found that minced garlic and white pepper powder significantly affected of a decrease in carbohydrate content ($P<0.05$) during Nham fermentation. Additionally, they also significantly affected of an increase in reducing sugars ($P<0.05$). The reducing sugars were used by starter cultures to produce lactic acid. Because of those, the pH was dropped and total acidity significantly increased ($P<0.05$).

¹ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200.

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

From sensory evaluation and chemical analysis, it can be seen that the use of minced garlic (4.00 %), white pepper powder (0.05 %) and minced bird chilli (1.00 %) as spices in Nham formulation made with mixed bacterial starter cultures efficiently resulted in acid production i.e. acidity of the product was 1.00 and pH was 4.95 at 18 hours of fermentation. Owing to those, the good quality of Nham with many attributes were found and good acceptability was also found by panelists with the mean ideal ratio score of 0.96 ± 0.05 at 48 hours of Nham fermentation.

บทคัดย่อ : เครื่องเทศหลักที่ใช้ในการผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมในการทดลองครั้งนี้ คือ กระเทียมสดบดละเอียด พริกไทยป่น และพริกขี้หนูสดบดละเอียด ในระดับที่แตกต่างกันอย่างละ 3 ระดับ จากการทดลอง พบว่า กระเทียมสดบดละเอียดกับพริกไทยป่น มีผลต่อการลดลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ซึ่งปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก - มีผลทำให้ค่าความเป็นกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกันที่ $P < 0.05$ และสอดคล้องกับการลดลงของความเป็นกรดเป็นค่าด้วย จากการวิเคราะห์ทางค่านประสาธน์สัมผัส และการพิจารณาค่าทางเคมี จะเห็นได้ว่าการใช้กระเทียมสดบดละเอียดร้อยละ 4.00 และพริกไทยป่นร้อยละ 0.05 ร่วมกับพริกขี้หนูสดบดละเอียดร้อยละ 1.00 ในสูตรการผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม จะมีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกได้สามารถใช้น้ำตาลรีดิวซ์เปลี่ยนเป็นกรดได้อย่างมีประสิทธิภาพพอสมควร มีผลทำให้ค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกคิดเป็นร้อยละ 1.00 และค่าความเป็นกรดเป็นค่ามีค่าเท่ากับ 4.95 หลังจาก 18 ชั่วโมงของการหมัก มีผลทำให้คุณภาพแหนมที่ได้มีลักษณะต่าง ๆ ที่ดี และมีการยอมรับที่ดีคือ มีค่า Mean ideal ratio score เท่ากับ 0.96 ± 0.05 ใน 48 ชั่วโมงของการหมัก.

คำนำ

การผลิตกรดแลคติกโดยเชื้อจุลินทรีย์ประเภทที่สร้างกรดแลคติกได้นั้น นอกจากเชื้อจุลินทรีย์จะใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตเพื่อผลิตเป็นกรดโดยตรงแล้ว ยังพบว่าเครื่องเทศที่ใช้ในสูตรการผลิตก็ยังมีผลต่อการผลิตกรดเช่นกัน จากการทดลองของ วริยจาวี และคณะ (2536a) พบว่าการใช้ข้าวเจ้าร้อยละ 3 ร่วมกับข้าวเหนียวร้อยละ 1 มีผลที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดแลคติกในการผลิตแหนม นอกจากนี้ผู้วิจัยคณะดังกล่าวยังได้ทำการศึกษาเครื่องเทศที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นการผลิตกรด พบว่า ขมิ้นขาวสดร้อยละ 4.0 ร่วมกับกระเทียมสด และพริกขี้หนูสด ร้อยละ 4 และ 2 ตามลำดับ มีผลต่อการผลิตกรดแลคติกโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมอย่างมีประสิทธิภาพ (วริยจาวี และคณะ, 2536b) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาเบื้องต้นโดยวิธีการกลั่นกรอง Packett Burman เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะของแหนม พบว่า กระเทียมร้อยละ 3-7 และพริกไทยร้อยละ 0-0.05 ไม่มีผลต่อลักษณะของแหนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกระเทียมที่ระดับดังกล่าว มีผลต่อเฉพาะการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ (Wriyacharee, 1990) แต่ดูเหมือนว่ากระเทียมสดมีผลต่อการผลิตกรดและการลดลงของความเป็นกรดเป็นค่า มีผลให้ลักษณะแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ที่วัดค่าเป็นแรงกด (Compression force and energy) มีค่าเพิ่มขึ้น ตลอดจนมี

ผลกระทบต่อลักษณะสีที่ปรากฏที่วัดค่าเป็นค่า Tristimulus values (x, y, z) เพิ่มขึ้นเช่นกัน อีกทั้งมีผลต่อการชักการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์อีกด้วย.

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า ขมิ้นขาวสดร่วมกับกระเทียมและพริกขี้หนูมีผลต่อการผลิตกรดอย่างมีประสิทธิภาพ แต่การวิจัยครั้งนี้จะนำพริกไทยป่นมาทดแทนการใช้ขมิ้นขาวสด เพื่อเป็นปัจจัยต่อการทดลอง ทั้งนี้เนื่องมาจากขมิ้นขาวสดเป็นเครื่องเทศที่หาได้ค่อนข้างยาก อีกทั้งมีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพริกไทยป่น และจากการทดลองพริกไทยป่นก็เป็นเครื่องเทศที่มีผลต่อการผลิตกรดแลคติกอย่างมีประสิทธิภาพชนิดหนึ่งเช่นกัน ดังนั้นจึงเลือกพริกไทยป่นที่ราคาไม่สูง หาง่าย มาเป็นเครื่องเทศหลัก ร่วมกับกระเทียมสด และพริกขี้หนูสดเป็นปัจจัยต่อการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาถึงรายละเอียดของผลของเครื่องเทศหลักที่มีผลต่อการผลิตแลคติก โดยใช้เทคโนโลยีเช็อบริสุทธิเริ่มต้นผสมในครั้งนี.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

แผนการทดลอง : การวิจัยครั้งนี้ได้มีการวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial design โดยมีกระเทียม พริกไทย และพริกขี้หนู เป็นปัจจัยหลักในการศึกษาดังนี้ :

ปัจจัย A = กระเทียมสดบดละเอียด
(Minced garlic ; G)

a_1 = ร้อยละ 4 (ระดับสูง)

a_2 = ร้อยละ 2 (ระดับต่ำ)

ปัจจัย B = พริกไทยขาวป่น
(White pepper powder ; P)

b_1 = ร้อยละ 0.1 (ระดับสูง)

b_2 = ร้อยละ 0.05 (ระดับต่ำ)

ปัจจัย C = พริกขี้หนูสดบดละเอียด
(Minced bird chilli ; B)

c_1 = ร้อยละ 3 (ระดับสูง)

c_2 = ร้อยละ 1 (ระดับต่ำ)

โดยการทดลองครั้งนี้จะกำหนดสิ่งทดลอง ณ จุดกึ่งกลางของระดับของปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษาเป็นสิ่งทดลองรวมกับการออกแบบข้างต้น ดังนั้นการทดลองรวมจึงเป็นการทดลองแบบ 2^3 Factorial design + 2 centerpoints (ทำการทดลองจุดกึ่งกลางระดับของปัจจัยต่าง ๆ 2 จุด) ซึ่งทำให้การทดลอง มีสิ่งทดลองทั้งหมดเป็น 10 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1.

Table 1. 2^3 Factorial design and 2 centerpoints with three main spices at three different levels.

Treatment	Coded level	Factors for study		
		Minced garlic (%)	White pepper powder (%)	Minced bird chilli (%)
	+	4	0.1	3
	0	3	0.075	2
	-	2	0.05	1
(1)		-	-	-
a		+	-	-
b		-	+	-
ab		+	+	-
c		-	-	+
ac		+	-	+
bc		-	+	+
abc		+	+	+
cp ₁		0	0	0
cp ₂		0	0	0

a = minced garlic ; b = white pepper ; c = minced bird chilli
 (1) = control ; cp = centerpoint
 + = high level of factor
 - = low level of factor
 0 = medium level of factor

กระบวนการผลิตแฮมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม : เนื้อหมูแดงจะถูกนำมาเลาะเอาไขมันออกให้มากที่สุด แล้วทำความสะอาดและสะเด็ดน้ำออกให้มากที่สุด เช็ดให้แห้งด้วยผ้าสะอาด นำมาบดด้วยเครื่องบดเนื้อ และนำไปเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส เพื่อรอการผลิต ส่วนหนังหมูจะนำมาต้มและเลาะเอาส่วนไขมันหมูออก เหลือเฉพาะส่วนที่เป็นเจลาติน จากนั้นจะหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด $0.1 \times 2-4$ เซนติเมตร เก็บไว้ในห้องเย็นเช่นกันเพื่อรอการผลิต ทำการเตรียมข้าวเหนียว ข้าวเจ้า (โดยการบดแหล่งคาร์โบไฮเดรตดังกล่าวด้วย) กลูโคส โซเดียมไนไตรท์ โซเดียมไนเตรท โซเดียมไตรฟอสเฟต และ โซเดียมอีอีโอบาท ตลอดจนเกล็ดแกง ผงชูรส ในสัดส่วนดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ส่วนเครื่องเทศเช่น กระเทียมสดบดละเอียด พริกไทย และพริกชี้หนูสดบดละเอียด จะถูกเตรียมขึ้นเป็นปัจจัยศึกษาในสูตรการผลิต ดังแสดงสัดส่วนในตารางที่ 1.

ผสมส่วนประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสมความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที ประมาณ 1 นาที จึงเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมที่เตรียมขึ้นในสัดส่วนดังตารางที่ 1 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ความเร็วรอบเท่าเดิม นาน 2 นาที นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในเครื่อง Stuffer และอัดเข้าสู่ถุงพลาสติกรูปทรงกระบอก รัดปลายให้แน่นด้วยยาง หรือ Clips เล็ก นำผลิตภัณฑ์ไปเก็บบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.

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

ก่อนที่จะนำเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นดังกล่าวไปใช้ในกระบวนการผลิตแฮม สิ่งที่ต้องพิจารณา คือ การตรวจนับจำนวนเชื้อดังกล่าวเพื่อต้องการทราบจำนวน และสามารถนำไปคำนวณว่าควรจะต้องเติมลงในระบบเท่าใดจึงจะเป็นไปตามสัดส่วนที่ต้องการ โดยเชื้อที่สามารถสร้างกรดแลคติกได้จะถูกตรวจนับในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar ส่วนเชื้อที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ได้ จะถูกตรวจนับในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI agar เมื่อทราบจำนวนคิดเป็น cfu/ml แล้ว จะนำมาคำนวณดังนี้.

ตัวอย่างแฮมต้องการ *P. cerevisiae* 10^6 cfu/g ดังนั้น 1 กิโลกรัมของแฮมต้องการ เชื้อถึง 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.

Table 2. Ingredients and quantity for nham production made with mixed bacterial starter cultures for this experiment.

Ingredients	Quantity
Meat system :	
Ground leand pork (%)	80
Sliced pork skin (%)	20
Curing agents :	
	% of meat system
Sodium chloride (NaCl)	3
Sodium nitrate (NaNO_3)	0.03
Sodium nitrite (NaNO_2)	0.02
Sodium tripolyphosphate ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)	0.3
Sodium erythobate	0.05
Starter cultures :	
	cfu/g of meat system
<i>Lactobacillus plantarum</i>	10^3
<i>Pediococcus cerevisiae</i>	10^6
<i>Micrococcus varians</i>	10^3
Carbohydrate source :	
	% of meat system
Glucose	0.5
Sticky rice	1
Cooked rice	3
Seasonings :	
	% of meat system
Minced garlic	2-4
White pepper powder	0.05-0.1
Minced bird chilli	1-3
MSG	0.2

การวิเคราะห์ทางด้านเคมี : หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตแหนมแล้ว ผลิตภัณฑ์ของทุกสิ่งทุกอย่างจะถูกเก็บบ่มในตู้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และทำการสุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ทางเคมี ดังนี้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าความเป็นกรดทั้งหมด (Total acidity as lactic acid) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugars) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ตามวิธีของ AOAC (1984), Miller (1959), Pearson (1976), Wriyacharee (1990) และ วิริยจาวี กับหนังสือคัมภีร์ (2533, 2535) ในช่วงเวลาที่ทำการบ่มไว้นาน 0, 6, 12, 18, 24 และ 48 ชั่วโมง.

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส : การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจะใช้ผู้บริโภครวมไป จำนวน 8 ท่าน ทำการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่าง ๆ เช่น สีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ (Colour) ลักษณะเนื้อที่ปรากฏ (Visual texture) ความแน่นเนื้อ (Firmness) ความนุ่มเนื้อ (Juiciness) ความเนียนเนื้อ (Smoothness) ความเปรี้ยว (Sourness) ความเค็ม (Saltiness) กลิ่นเครื่องเทศ (Spiciness) และการยอมรับรวมต่อผลิตภัณฑ์ (Overall acceptability) โดยใช้ตัวอย่างที่ทำการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เป็นตัวอย่างทดสอบชิม ซึ่งใช้วิธีการประเมินแบบ Ideal ratio profile ในสิ่งทดลองต่าง ๆ (Wriyacharee, 1990 และ วิริยจาวี, 2535).

การวิเคราะห์และแปรผล : ข้อมูลที่ได้จากการทดลองข้างต้นจะนำมาวิเคราะห์ทางด้านสถิติ เช่น Analysis of variance และ Stepwise regression analysis โดยใช้ Stat-Packets Package (Waltonick, 1987) ซึ่งปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ Stepwise regression analysis จะทำการ Coding ดังนี้ ปัจจัยที่มีระดับต่ำ กลาง และสูง ให้รหัสค่า -1, 0 และ +1 ตามลำดับ อีกทั้งข้อมูลในระหว่างการหมักต่าง ๆ จะถูกนำมาสร้างกราฟเพื่อศึกษาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงในสิ่งทดลองต่าง ๆ.

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลิตภัณฑ์แหนมที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชิ้อบริสุทธิเริ่มต้นผสม โดยใช้เครื่องเทศหลัก เช่น กระเทียมสดบดละเอียด พริกไทยป่น และพริกขี้หนูสดบดละเอียด มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าทางเคมี เช่น ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าความเป็นกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ระหว่าง 48 ชั่วโมงของการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ในสูตรการผลิตถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ และเครื่องเทศ สามารถที่จะกระตุ้นให้เชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติกได้เปลี่ยนน้ำตาลรีดิวซ์ให้กลายเป็นกรดแลคติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wriyacharee, 1990; Gibbs, 1987; Gilliland, 1985; Bacus, 1984; Liepe, 1983).

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตในระหว่างการหมักผลิตภัณฑ์ขนมที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง โดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม 3 สายพันธุ์ คือ *L. plantarum*, *P. cerevisiae* และ *M. varians* ในปริมาณ 10^3 , 10^5 และ 10^7 cfu/g ตามลำดับ พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์ของการทดลองอยู่ในช่วงร้อยละ 3.36-3.81 เมื่อการหมักดำเนินไปได้ 6 ชั่วโมง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตก่อนข้างคงที่คิดเป็น ร้อยละ 3.30-3.95 และจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจาก 6 ชั่วโมง จนถึง 12 ชั่วโมงของการหมักคิดเป็นร้อยละ 2.00-2.96 และจะลดลงค่อนข้างช้าใน 18 ชั่วโมงของการหมัก และลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึง 48 ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 1.20-1.84 (ดังภาพที่ 1) ซึ่งจากการทดลองปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะลดลงเรื่อย ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ ตามเวลาของการหมักที่เพิ่มขึ้นใน 48 ชั่วโมง อีกทั้งพบว่ากระเทียมสดบดละเอียด และปัจจัยร่วมระหว่างเครื่องเทศหลักทั้งสามชนิดที่ใช้เป็นปัจจัยศึกษา (GPB) มีผลต่อการลดลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ ดังแสดงในสมการ (Coding equation) ดังนี้ :

$$\begin{aligned} \text{Log (carbohydrate \%)} &= 0.6565 - 0.0703 (\text{Time} + 1)^{1/2} \\ &\quad - 0.0234 (\text{minced garlic}) \\ &\quad - 0.0200 (\text{minced garlic} \times \text{white pepper} \\ &\quad \quad \text{powder} \times \text{minced bird chilli}) \\ R^2 &= 0.8838 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่ากระเทียมสดบดละเอียดมีผลต่อการลดลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตตลอดระยะเวลา 48 ชั่วโมงของการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ อีกทั้งพบว่าปัจจัยร่วมระหว่างเครื่องเทศทั้งสาม (GPB) มีผลต่อการลดลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตตลอด 48 ชั่วโมงของการหมักเช่นกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ อย่างไรก็ตาม ในช่วงการหมัก 18 ชั่วโมง พริกไทยป่น และกระเทียมสดบดละเอียดต่างเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการลดลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ แต่ดูเหมือนว่าพริกขี้หนูสดบดละเอียดจะหน่วงเหนี่ยวการลดลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในช่วงท้ายของการหมักในช่วง 24-48 ชั่วโมง (ตารางที่ 3).

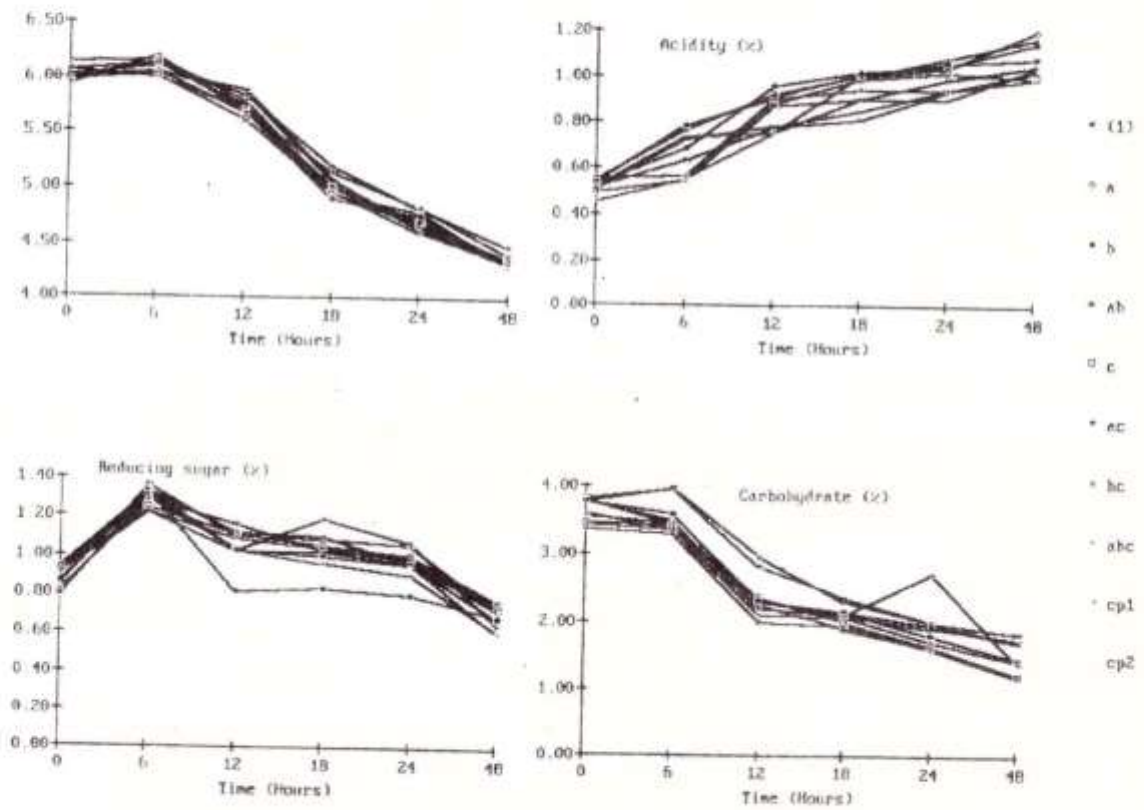


Figure 1. Chemical values change during 48 hours of Nham fermentation with different spices by use of mixed bacterial starter cultures.

Table 3. Coded equation of carbohydrate (%) during 48 hours of Nham fermentation with different spices.

Response variable	Coded equation	R ²
CHO (6 hours)	= 3.4967 - 0.1475 (G) - 0.0975 (GPB)	0.7429
CHO (12 hours)	= 2.2400 - 0.2088 (G) + 0.0963 (PB) - 0.2088 (GPB) + 0.1313 (G ²)	0.9499
CHO (18 hours)	= 2.1108 - 0.0712 (G) - 0.0337 (P) + 0.0538 (B) + 0.0412 (GP) + 0.0662 (PB) - 0.0838 (GPB)	0.9790
CHO (24 hours)	= 1.9450 - 0.0925 (G) - 0.0400 (B) + 0.0225 (GP) + 0.0650 (PB) - 0.0725 (GPB) - 0.1750 (G ²)	0.9824
CHO (48 hours)	= 1.7250 - 0.1263 (G) - 0.0663 (B) + 0.1138 (PB) - 0.1088 (GPB) - 0.2938 (G ²)	0.9289

CHO = Residual carbohydrate; G = Minced garlic; P = White pepper powder;
B = Minced bird chilli

จากภาพที่ 2 เป็นการแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในช่วง 18 ชั่วโมงของการหมัก อันเนื่องมาจากกระเทียมสดบดละเอียด และพริกไทยป่น จากการทดลองจะเห็นได้ว่าตัวอย่างขนมที่ใช้กระเทียมสดบดละเอียด และพริกไทยป่น ในระดับที่ต่ำคือร้อยละ 2 และ 0.05 ตามลำดับ จะทำให้คงเหลือปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ค่อนข้างสูง แต่ถ้าใช้กระเทียมสดบดละเอียดที่ระดับสูง (ร้อยละ 4.00) จะมีผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ระดับใกล้เคียงกับการใช้พริกไทยป่นที่ระดับสูง (ร้อยละ 0.1) ร่วมการใช้กระเทียมสดบดละเอียดที่ระดับสูง (ร้อยละ 4.00) กล่าวคือ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเหลืออยู่ร้อยละ 1.95-2.00 ซึ่งจะเห็นว่ากระเทียมสดบดละเอียด และพริกไทยป่นที่ระดับสูง ร่วมกับพริกขี้หนูสดบดละเอียดที่ระดับต่ำจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตในช่วง 18 ชั่วโมงของการหมัก (ดังแสดงในภาพที่ 2).

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ลดลงข้างต้น เนื่องมาจากถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลรีดิวซ์มีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้น ซึ่งอยู่ในช่วงร้อยละ 0.869-1.034 จะเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 1.342-1.496 ในช่วง 6 ชั่วโมงของการหมัก หลังจากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็วใน 12 ชั่วโมงแรกของการหมัก และค่อนข้างคงที่ในช่วง 12-24 ชั่วโมง ต่อจากนั้นจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่ง 48 ชั่วโมง คิดเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 0.660-0.847 (ดังภาพที่ 1).

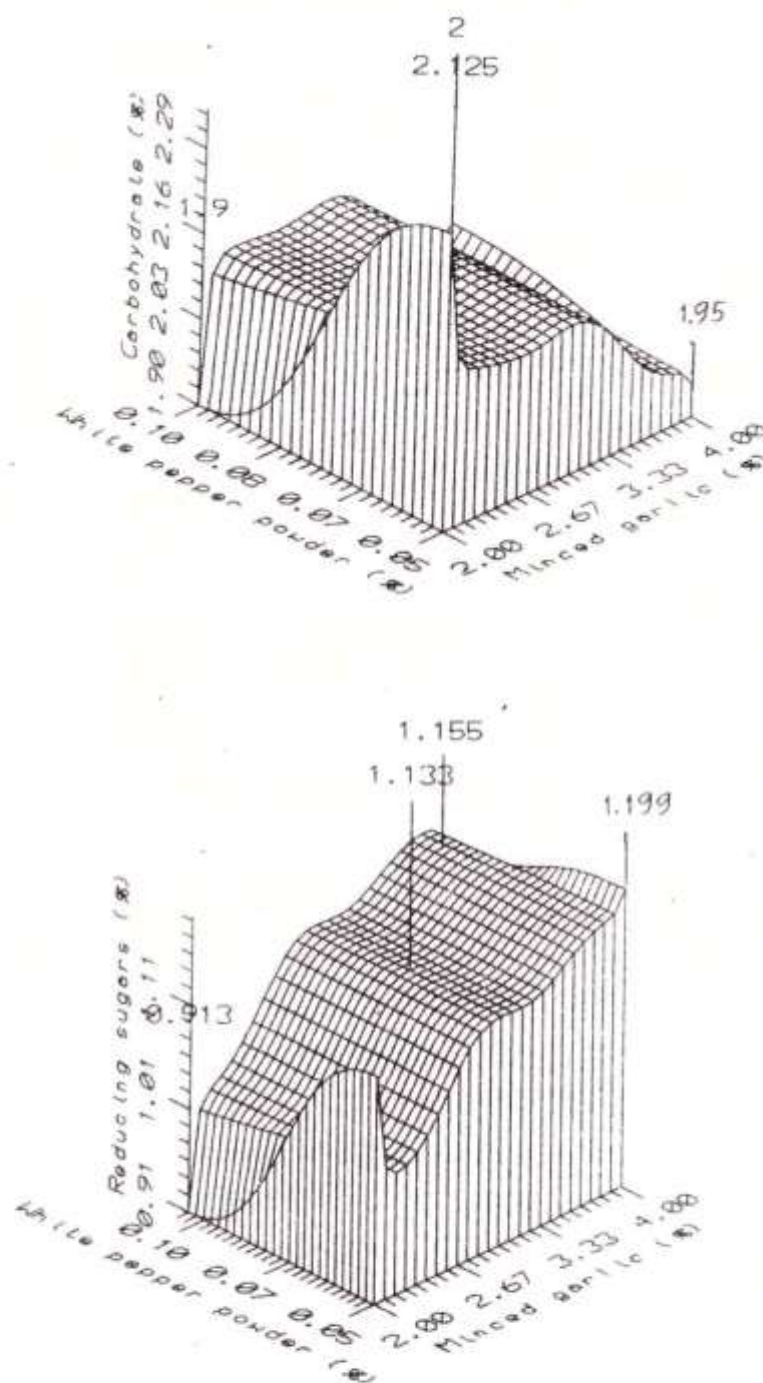


Figure 2. Carbohydrate and reducing sugars change at 18 hours of Nham fermentation with different levels of two main spices.

จากการวิเคราะห์โดยใช้ Stepwise regression analysis พบว่าเมื่อเวลาการหมักเปลี่ยนไป ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ ดังสมการ :

$$\frac{1}{\text{Reducing sugars (\%)}} = 0.7949 + 0.0091 (\text{Time}) \quad R^2 = 0.4690$$

จากสมการจะเห็นได้ว่าสมการดังกล่าวมีค่า R^2 ค่อนข้างต่ำ สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ได้จากสมการเพียงร้อยละ 46.90 เท่านั้น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่อง จากข้อมูลใน 6 ชั่วโมงแรก มีการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์ แทนที่จะเป็นการลดลงของน้ำตาลรีดิวซ์ดังกล่าว มีผลให้การ Fit สมการเกิดจากการเฉลี่ยค่าทั้งหมด มีผลทำให้ค่า R^2 ค่อนข้างต่ำนั่นเอง.

อย่างไรก็ตามในช่วง 6 ชั่วโมงของการหมัก กระเทียมสดบดละเอียด และพริกชี้หนูสดบดละเอียด จะเป็นปัจจัยในการเพิ่มน้ำตาลรีดิวซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ แต่พริกไทยป่นมีผลต่อการลดลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ อีกทั้งพบว่าปัจจัยร่วมของเครื่องเทศหลักทั้งสาม (GPB) ก็มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ เช่นกัน (ตารางที่ 4).

หลังจาก 12 ชั่วโมง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะลดลงเรื่อย ๆ มีผลมาจากปัจจัยร่วมระหว่างกระเทียมสดบดละเอียดกับพริกไทยป่น และกระเทียมสดบดละเอียดกับพริกชี้หนูสดบดละเอียด และพริกไทยป่นกับพริกชี้หนูสดบดละเอียด ตลอดจนมีผลมาจากปัจจัยร่วมระหว่างเครื่องเทศทั้งสามเช่นกัน โดยเฉพาะในช่วงท้ายของการหมักทั้งกระเทียมสดบดละเอียด และพริกชี้หนูสดบดละเอียด มีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และเป็นนัยสังเกตว่าในช่วง 18 ชั่วโมงของการหมัก ปัจจัยหลักทั้งสามคือ กระเทียมสดบดละเอียด พริกไทยป่น และพริกชี้หนูสดบดละเอียดมีผลต่อการเพิ่มของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ซึ่งจะเห็นว่าสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งการใช้กระเทียมสดบดละเอียดและพริกไทยป่นที่ระดับสูง (ร้อยละ 4.00 กับร้อยละ 0.1 ตามลำดับ) มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในช่วง 18 ชั่วโมงของการหมัก กล่าวคือ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในปริมาณร้อยละ 1.155 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการใช้กระเทียมสดบดละเอียดที่ระดับสูง (ร้อยละ 4.00) ร่วมกับเครื่องเทศหลักอีก 2 ชนิดที่ระดับต่ำ คือ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.199 ในช่วงชั่วโมงที่ 18 ของการหมัก ดังแสดงในตารางที่ 2.

Table 4. Coded equation of reducing sugars (%) during 48 hours of Nham fermentation with different spices.

Response variable	Coded equation	R ²
RS (6 hours)	= 1.3420 + 0.0014 (G) - 0.0124 (P) + 0.0069 (B) - 0.0151 (GP) + 0.0316 (GPB) + 0.0976 (G ²)	0.9862
RS (12 hours)	= 1.1724 + 0.0371 (GP) - 0.0454 (GB) + 0.0839 (PB) - 0.0619 (GPB)	0.8667
RS (18 hours)	= 1.1339 + 0.0206 (G) + 0.0124 (P) + 0.0344 (B) + 0.0151 (GP) - 0.0564 (GB) + 0.0784 (PB) - 0.0289 (GPB)	0.9950
RS (24 hours)	= 1.0661 - 0.0591 (GB) + 0.0591 (PB) - 0.0261 (GPB)	0.9345
RS (48 hours)	= 0.8030 - 0.0536 (B) - 0.0509 (G ²)	0.7515

RS = Reducing sugars; G = Minced garlic; P = White pepper powder; B = Minced bird chili

ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ที่ลดลงเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรดแลกติกได้สามารถใช้ น้ำตาลรีดิวส์ดังกล่าวในการผลิตกรด มีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ลดลงจากภาพที่ 1 จะเห็นว่าค่า pH เริ่มต้นของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 5.93-6.13 และจะคงที่ในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการหมัก ต่อจากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็วหลัง 6 ชั่วโมง จนกระทั่งถึง 18 ชั่วโมงของการหมัก มีผลทำให้ pH ลดลงถึง 4.95-5.19 และจะลดลงเรื่อยๆ จนถึง 48 ชั่วโมงซึ่งมีค่า pH เท่ากับ 4.32-4.49 ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เมื่อเวลาการหมักเปลี่ยนไป มีผลทำให้ pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ ดังแสดงในสมการ (Coding equation) ดังนี้ :

$$\frac{1}{\text{pH}} = 0.1642 + 0.0015 (\text{Time}) \quad R^2 = 0.8758$$

การลดลงของ pH ยังขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องเทศหลักที่ใช้ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ของการหมัก (ตารางที่ 5) โดยที่การลดลงของ pH ขึ้นอยู่กับปัจจัยร่วมของเครื่องเทศทั้งสาม (GPB) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ในช่วง 48 ชั่วโมงของการหมัก อย่างไรก็ตาม กระเทียมสดบดละเอียด และพริกไทยป่น เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการลดลงของ pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ ใน 18 ชั่วโมงของการหมัก และจะมีผลต่อการลดลงของ pH เรื่อย ๆ จนกระทั่งถึง 48 ชั่วโมงของการหมัก (ดังตารางที่ 5) เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของ pH ที่รวดเร็วที่สุดจนกระทั่งถึง 18 ชั่วโมง ดังภาพที่ 1 แล้วนั้น เมื่อพิจารณาในรายละเอียดจากภาพที่ 2 ถึงการเปลี่ยนแปลง pH อันเนื่องมาจากการใช้กระเทียมสดบดละเอียด และพริกไทยป่น ในช่วง 18 ชั่วโมงของการหมัก พบว่าถ้าหากมีการใช้กระเทียมสดบดละเอียดในระดับสูง (ร้อยละ 4.00) หรือการใช้พริกไทยป่นในระดับสูง (ร้อยละ 0.1) ร่วมกับเครื่องเทศที่เหลือในระดับต่ำ จะมีผลต่อการลดลงของ pH ในช่วง 18 ชั่วโมง กล่าวคือ มี pH เท่ากับ 4.95 และ 4.90 ตามลำดับ (ดังแสดงในภาพที่ 3).

Table 5. Coded equation of pH during 48 hours of Nham fermentation with different spices.

Response variable	Coded equation	R ²
pH (6 hours)	$= 6.0450 + 0.0350 (G) + 0.0225 (B)$ $+ 0.0175 (GB) + 0.0125 (PB)$ $- 0.0425 (GPB) + 0.0500 (G^2)$	0.9872
pH (12 hours)	$= 5.8700 + 0.0350 (GP) + 0.0600 (PB)$ $- 0.0375 (GPB) - 0.1750 (G^2)$	0.9651
pH (18 hours)	$= 5.0750 - 0.0437 (P) + 0.0162 (GP)$ $+ 0.0338 (GB) + 0.0138 (PB)$ $- 0.0712 (GPB) - 0.0588 (G^2)$	0.9971
pH (24 hours)	$= 4.6450 - 0.0387 (P) - 0.0338 (B)$ $- 0.0263 (GP) - 0.0362 (GPB)$ $+ 0.0962 (G^2)$	0.9773
pH (48 hours)	$= 4.3650 - 0.0225 (G) - 0.0275 (P)$ $+ 0.0200 (GB) - 0.0300 (GPB)$	0.8233

G = Minced garlic ; P = White pepper powder ; B = Minced bird chilli

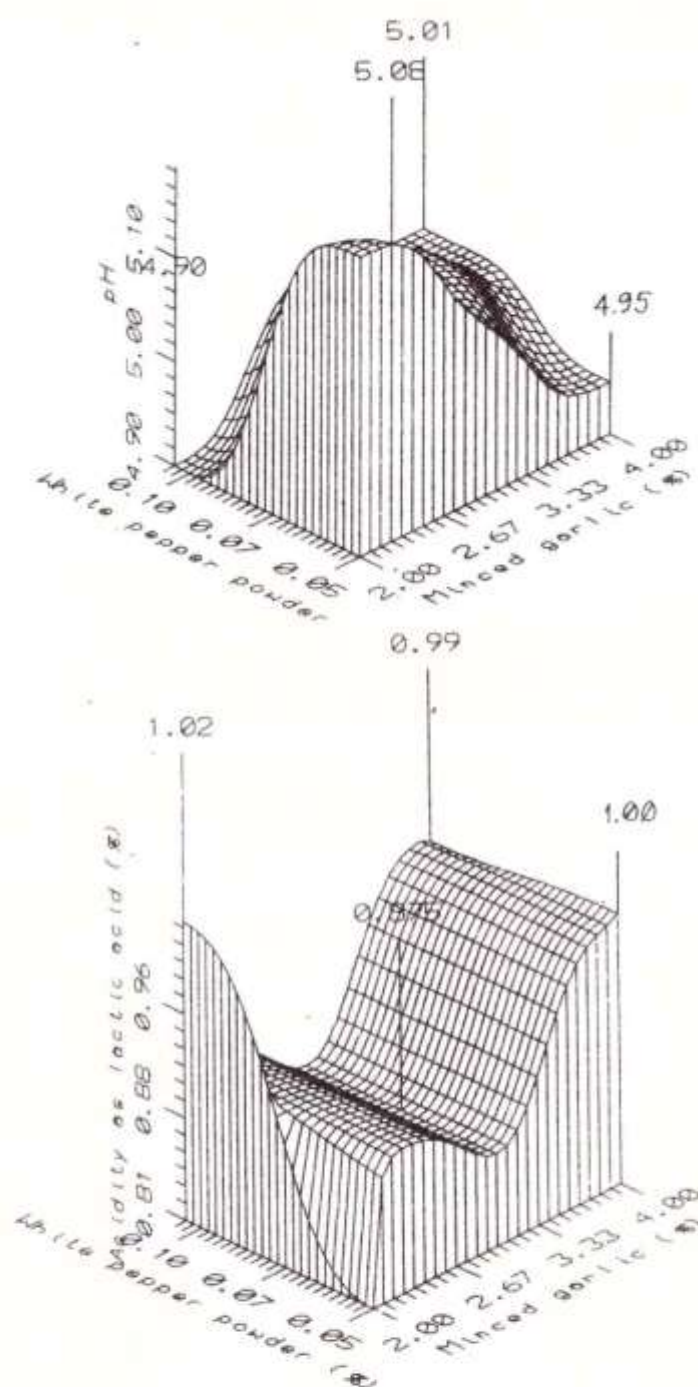


Figure 3. pH and acidity as lactic acid change at 18 hours of Nham fermentation with different levels of two main spices.

การลดลงของ pH ของผลิตภัณฑ์ขนมมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความเป็นกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น (ดังแสดงในภาพที่ 1) ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้นจากค่าร้อยละ 0.45-0.55 ในผลิตภัณฑ์แรกเริ่มเป็นร้อยละ 0.75-0.92 หลังจากหมักได้ 12 ชั่วโมง และจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ก่อนข้างคงที่จนถึงชั่วโมงที่ 18 คิดเป็นร้อยละ 0.81-1.02 และจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงชั่วโมงที่ 48 คิดเป็นร้อยละ 0.99-1.20 จากการวิเคราะห์ทางค่านสถิติ จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาการหมักเปลี่ยนแปลงไป ค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ อีกทั้งพบว่าปัจจัยร่วมระหว่างเครื่องเทศทั้งสาม มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ ดังแสดงในสมการ (Coding equation) ดังนี้ :

$$\frac{1}{\text{Acidity (\%)}} = 1.9928 - 0.6665 \text{ Log (Time + 1)} - 0.0527 (\text{Minced garlic} \times \text{White pepper powder} \times \text{Minced bird chilli})$$

$$R^2 = 0.8749$$

นอกจากนี้เครื่องเทศหลัก เช่น กระเทียมสดบดละเอียด พริกไทยป่น และพริกชี้หูสดบด ละเอียด มีผลต่อการลดลงของความเป็นกรดทั้งหมดในช่วงแรกของการหมัก ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากเครื่องเทศหลักดังกล่าวมีส่วนในการทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์เพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการหมักมากกว่าการกระตุ้นให้ จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดได้ใช้น้ำตาลรีดิวส์เปลี่ยนเป็นกรด จึงมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดดูเหมือนว่าจะลดลง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เครื่องเทศดังกล่าวจะหน่วงเหนี่ยวการสร้างกรดในช่วงแรกของการหมัก อย่างไรก็ตามหลังจากนั้นกระเทียมสดบดละเอียดและพริกไทยป่น มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ (ตารางที่ 6) และปัจจัยร่วมของเครื่องเทศทั้งสาม มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดทั้งหมดเช่นกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$.

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกในช่วง 18 ชั่วโมงของการหมัก พบว่า สอดคล้องกับการลดลงของ pH ในช่วงเวลาดังกล่าวคือ ถ้าหากมีการใช้กระเทียมสดบดละเอียดที่ระดับสูง (ร้อยละ 4.00) หรือการใช้พริกไทยป่นที่ระดับสูง (ร้อยละ 0.1) ร่วมกับเครื่องเทศที่เหลือในระดับต่ำ จะมีผลทำให้ความเป็นกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นในช่วง 18 ชั่วโมงของการหมัก กล่าวคือ มีค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติก ร้อยละ 1.00 และ 1.02 ตามลำดับ (ดังแสดงในภาพที่ 3).

Table 6. Coded equation of acidity as lactic acid (%) during 48 hours of Nham fermentation with different spices.

Reponse variable	Coded equation	R ²
Acidity (6 hours)	= 0.7250 - 0.0275 (G) - 0.0525 (P) - 0.0225 (B) - 0.0250 (GB) + 0.0625 (GPB) - 0.0950 (G ²)	0.9882
Acidity (12 hours)	= 0.7650 - 0.0412 (GP) - 0.0237 (GB) - 0.0412 (PB) + 0.1062 (G ²)	0.9273
Acidity (18 hours)	= 0.8750 + 0.0237 (G) - 0.0132 (PB) + 0.0488 (GPB) + 0.0837 (G ²)	0.8644
Acidity (24 hours)	= 0.9200 + 0.0200 (P) + 0.4255 (GPB) + 0.0950 (G ²)	0.9135
Acidity (48 hours)	= 1.0300 + 0.0150 (G) + 0.0100 (P) - 0.0225 (GP) + 0.0200 (PB) + 0.0675 (GPB) + 0.0525 (G ²)	0.9917

G = Minced garlic; P = White pepper powder; B = Minced bird chilli

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนม ที่มีเครื่องเทศหลักระดับแตกต่างกันโดยใช้เทคโนโลยีเช็อบริสุทธีเริ่มต้นผสมนั้น พบว่า ลักษณะของผลิตภัณฑ์แหนมทางด้าน Visual texture, Juiciness และทางด้าน Smoothness ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7) แต่ลักษณะที่แตกต่างกันมีดังนี้ :

ลักษณะสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์แหนมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ เมื่อมีระดับของเครื่องเทศหลักที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 7) และตัวอย่างที่มีกระเทียมสดบดละเอียดในระดับ ที่สูง (ร้อยละ 4) จะมีลักษณะสีที่ปรากฏที่สูงกว่าค่า Ideal คือ 1.00 กล่าวคือ มีค่า Mean ideal ratio score เท่ากับ 1.11-1.17 ส่วนผลิตภัณฑ์ตัวอย่างแหนมที่มีพริกขี้หนูสดบดละเอียดในระดับสูง (ร้อยละ 3) ค่า Mean ideal ratio score จะมีค่าค่อนข้างต่ำ คือ 0.76 (ตารางที่ 7).

ลักษณะความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้เครื่องเทศหลักในระดับที่ต่างกัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ โดยมีค่า Mean ideal ratio score ของตัวอย่างต่าง ๆ ระหว่างค่า 0.92-1.11 จะเห็นว่าค่าดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงค่า Ideal มาก ยกเว้นสิ่งทดสอบที่ 9 ซึ่งมีปริมาณเครื่องเทศหลักทุกชนิดในระดับต่ำมีค่า Mean ideal ratio score ต่ำสุด คือ 0.92 แต่ก็ยังมีค่าใกล้เคียงค่า Ideal ของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 7).

ผลิตภัณฑ์แหนมที่มีการใช้เครื่องเทศหลักในระดับที่ต่างกันจะมีผลทำให้ความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ โดยพบว่าตัวอย่างที่มีระดับเครื่องเทศหลักในระดับต่ำทั้งหมดคือ ตัวอย่างควบคุมจะมีความเปรี้ยวก่อนข้างต่ำคือ มีค่า Mean ideal ratio score เท่ากับ 0.78 ในขณะที่ตัวอย่างที่มีการใช้กระเทียมสดบดละเอียดในระดับสูง (ร้อยละ 4) มีค่า Mean ideal ratio score ก่อนข้างสูง คือ 0.86-0.97 ส่วนตัวอย่างที่นิพริกไทยป่นเป็นองค์ประกอบในระดับสูงจะมีลักษณะผลิตภัณฑ์ในแง่ความเปรี้ยวที่รองลงมา (ตารางที่ 7).

Table 7. Mean ideal ratio score of Nham after 48 hours of fermentation with different levels of main spices.

Treatment	Colour*	Visual Texture*	Firmness*	Juiciness*
(1)	0.97±0.07 ^b	0.94±0.12	0.96±0.05 ^{ab}	0.90±0.09
a	1.10±0.12 ^a	0.95±0.09	1.01±0.07 ^{ab}	0.90±0.14
b	0.85±0.07 ^{bc}	0.97±0.14	0.99±0.09 ^{ab}	0.93±0.08
ab	1.17±0.21 ^a	0.92±0.09	1.11±0.08 ^a	0.90±0.12
c	0.76±0.10 ^c	0.92±0.14	1.02±0.08 ^a	0.91±0.13
ac	1.14±0.06 ^a	0.92±0.13	1.00±0.12 ^{ab}	0.91±0.07
bc	0.95±0.12 ^b	0.90±0.10	1.01±0.10 ^{ab}	0.88±0.15
abc	1.11±0.08 ^a	0.91±0.04	1.00±0.13 ^{ab}	0.91±0.12
cp ₁	0.94±0.08 ^b	0.95±0.07	0.92±0.14 ^c	0.96±0.09
cp ₂	0.96±0.06 ^b	0.86±0.15	1.01±0.09 ^{ab}	0.89±0.11

Note * mean±standard deviation; (1) Control; a = High level of minced garlic; b = High level of minced garlic; b = High level of white pepper powder; c = High level of minced bird chilli;
; cp = Centre point

1 Use 8 general panelists

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

3 Ideal ratio score for Ideal product is 1.00

Table 8. Mean ideal ratio score of Nham after 48 hours of fermentation with different levels of main spices.

Treatment	Smoothnesst*	Sournesst*	Saltinesst*	Spicinesst*	Overall* acceptability
(1)	0.88±0.12	0.78±0.09 ^d	0.94±0.09 ^c	0.81±0.11 ^c	0.76±0.06 ^{cd}
a	0.93±0.10	0.94±0.06 ^a	1.00±0.11 ^{ab}	0.96±0.09 ^{ab}	0.96±0.05 ^a
b	0.94±0.10	0.85±0.04 ^{ac}	1.03±0.06 ^a	0.93±0.10 ^{ab}	0.79±0.10 ^{bc}
ab	0.88±0.12	0.87±0.12 ^{ab}	1.06±0.09 ^a	0.93±0.12 ^{ab}	0.92±0.06 ^{ab}
c	0.98±0.12	0.86±0.09 ^{ab}	1.11±0.10 ^a	1.06±0.11 ^a	0.80±0.08 ^{bc}
ac	0.87±0.13	0.97±0.09 ^a	1.07±0.11 ^a	1.01±0.09 ^a	0.92±0.11 ^a
bc	0.88±0.14	0.86±0.12 ^{ab}	1.03±0.18 ^a	0.88±0.18 ^{bc}	0.81±0.12 ^{bc}
abc	0.92±0.14	0.90±0.15 ^a	0.86±0.09 ^c	0.99±0.09 ^a	0.89±0.07 ^a
cp ₁	0.98±0.06	0.84±0.10 ^{ac}	1.00±0.13 ^{ab}	1.00±0.09 ^a	0.86±0.06 ^{ab}
cp ₂	0.93±0.11	0.89±0.07 ^a	0.96±0.16 ^c	0.98±0.06 ^a	0.84±0.05 ^{ab}

Note : See table 7.

ความเค็มของผลิตภัณฑ์แหนมที่มีการใช้เครื่องเทศหลักในระดับที่แตกต่างกันพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ โดยมีค่า Mean ideal ratio score ของตัวอย่างต่าง ๆ ระหว่างค่า 0.94-1.11 ซึ่งทุกค่ามีค่าใกล้เคียงกับค่า Ideal มาก โดยที่ตัวอย่างแหนมที่มีพริกชี้หนูombokละเอียดเป็นองค์ประกอบในระดับสูง (ร้อยละ 3) มีความเค็มค่อนข้างสูงจากค่า Ideal คือ มีค่าเท่ากับ 1.11 แต่ถ้าตัวอย่างแหนมที่มีกระเทียมombokละเอียดเป็นองค์ประกอบในระดับสูง (ร้อยละ 4) มีค่าใกล้เคียงเท่ากับค่า Ideal (1.00) ดังแสดงในตารางที่ 8.

ผลิตภัณฑ์แหนมที่มีการใช้เครื่องเทศหลักในระดับที่แตกต่างกันจะมีกลิ่นเครื่องเทศที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ และพบว่าถ้าหากมีการใช้เครื่องเทศหลักทั้งหมดในระดับสูง (abc) และระดับกลาง จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า Mean ideal ratio score ของกลิ่นเครื่องเทศใกล้เคียงกับค่า Ideal มาก คือ 0.98-1.00 อีกทั้งพบว่าความยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์แหนมในการทดลองครั้งนี้ยังขึ้น กับค่ากลิ่นของเครื่องเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ อีกด้วย.

อย่างไรก็ตามการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ขนมทดลองนี้ พบว่า ตัวอย่างขนมที่มีการใช้กระเทียมสดบดละเอียดเป็นองค์ประกอบในสูตรการผลิตที่ระดับสูง (ร้อยละ 4) จะมีการยอมรับที่ค่อนข้างสูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆ ที่ใช้กระเทียมสดบดละเอียดในระดับกลางและระดับต่ำ (ร้อยละ 3 และ 2 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ กล่าวคือ Mean ideal ratio score เท่ากับ 0.87-0.96 (ตารางที่ 8).

สรุปผลการทดลอง

ผลิตภัณฑ์ขนมที่ใช้เครื่องเทศหลักเป็นองค์ประกอบในสูตรการผลิตในระดับที่แตกต่างกันโดยใช้เทคโนโลยีเชื่อมวัสดุเริ่มต้นผสมในกระบวนการผลิต มีผลต่อการผลิตกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์ การใช้กระเทียมสดบดละเอียดร้อยละ 4.00 และพริกไทยป่นร้อยละ 0.05 ร่วมกับการใช้พริกขี้หนูสดบดละเอียดร้อยละ 1.0 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรต และการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์ และกระตุ้นให้เชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดได้สามารถใช้น้ำตาลดังกล่าวอย่างมีประสิทธิภาพต่อการผลิตกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว มีผลทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่าง ๆ ดีขึ้น และมีการยอมรับที่ดีต่อผลิตภัณฑ์.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนการวิจัย มา ณ โอกาสนี้ด้วย.

เอกสารอ้างอิง

- วิจัยาริ, ไพโรจน์, จุฑาภรณ์, สักกรณา, และ ศุภชะวดี, ปานจิตต์. (2536a). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื่อมวัสดุเริ่มต้นผสม 2. ผลของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวต่อการผลิตกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์. วารสารเกษตร 9(1) : 61-74.
- วิจัยาริ, ไพโรจน์, จุฑาภรณ์, สักกรณา, และ กันธิยะ, อัมรินทร์. (2536b). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื่อมวัสดุเริ่มต้นผสม 3. สูตรเครื่องเทศที่เหมาะสมต่อการผลิตขนม. วารสารเกษตร 9(1) : 84-96.
- วิจัยาริ, ไพโรจน์. (2536). การวางแผนและการวิเคราะห์ทางค่านิเวศทางสังคม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- วริยจารี, ไพโรจน์ และ หันพงษ์ศศิกุล, อรุณ. (2533, 2535). ปฏิบัติการอุตสาหกรรมอาหารหมัก. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- AOAC. (1984). Official Methods of Analysis (13rd ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Bacus, J. (1984). Utilization of Microorganisms in Meat Processing. Research Studies Press, Ltd., England.
- Gibbs, P.A. (1987). Novel uses for lactic acid fermentation in food preservation. J. Appl. Bacteriol. Symposium Supplement, 51S-58S.
- Gilliland, S.E. (1985). Bacterial Starter Cultures for Foods. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Liepe, H.-U. (1983). Starter cultures in meat production. p. 401-424. In Biotechnology a Comprehensive Treatise in 8 Volumes : Volume 5 Food and Feed Production with Microorganisms. Edited by Rehm, H.-J., and Reed, G., Verlag Chemie, Weinheim, Florida.
- Miller, G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry, 31 : 426-428.
- Pearson, D. (1976). The Chemical Analysis of Foods. Churchill Livingstone. London and New York.
- Waltonick, D.S. (1987). Stat-Packets. Waltonick Associates Inc., Minneapolis, MN.
- Wriyacharee, P. (1990). The Systematic Development of a Controlled Fermentation Process Using Mixed Bacterial Starter Cultures for Nham, a Thai Semi-dry Sausage. Ph.D. Thesis in Product Development in Food Fermentation, Massey University, New Zealand.
-