บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกง และ วิเคราะห์แบคทีเรียที่พบในน้ำพริกแกงที่เริ่มเสีย

4.1.1 การตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบ

งานวิจัยนี้ เริ่มจากการตรวจวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของน้ำพริกแกงเผ็ดและน้ำพริกแกงส้ม ได้ผลดังตารางที่ 4.1 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด อยู่ที่ประมาณ $2.0x10^4 – 8.3x10^7$ (4.3- 7.92 log) CFU/g ตรวจพบ *C. perfringens* ที่ 0.001 กรัมตัวอย่างในกระเทียม ตะไคร้ พริกชี้ฟ้าแห้ง รากผักชี และหอมแดง *E.coli* <3 – 40 MPN/g ไม่พบการปนเปื้อนของ *Salmonella* sp. ที่ 25 กรัมตัวอย่างในทุกตัวอย่าง และพบการปนเปื้อนของ *S. aureus* พบในตะไคร้ตัวอย่างเดียวที่ 78 CFU/g สอดคล้องกับที่ สิริพร สธนเสาวภาคย์ และคณะ (2539) ได้ทดลองสุ่มตัวอย่าง หัวหอม กระเทียม พริกแห้ง และกะปิ ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำพริกจากท้องตลาด พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 4.23-7.78 log CFU/g *E.coli* <3 – 460 MPN/g ไม่พบ *Salmonella* sp. ในทุกตัวอย่าง และ *S. aureus* อยู่ระหว่าง 0-3.30 log CFU/g พบ *C. perfringens* ที่ 0.001 กรัมตัวอย่าง ในทุกตัวอย่าง ซึ่งต่างจากการทดลองนี้ คือ ไม่พบในกะปิ นอกจากนี้จากผลยังบ่งชี้ว่าวัตถุดิบที่สัมผัสกับดิน และมีลักษณะที่ทำความสะอาดได้ยาก ได้แก่ รากผักชี กับ ตะไคร้ แม้จะผ่านการล้างแล้ว ก็ยังมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดสูง และพบ *C. perfringens* และ *E. coli* ด้วย เนื่องจากรากของผักชีมีผิวสัมผัสขรุขระจึงเก็บกักเชื้อได้ดี เช่นเดียวกับตะไคร้ ซึ่งโคนต้นมีลักษณะเป็นกาบซ้อนกัน จึงยากต่อการทำความสะอาด ในขณะที่กระเทียม หรือหอมแดง แม้จะสัมผัสกับดินแต่สามารถลอกผิวชั้นนอกออกได้ ปริมาณจุลินทรีย์รวมจึงน้อยกว่า (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2518)

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	*C. perfringens* พบที่ 0.001 กรัมตัวอย่าง	*E. coli* (MPN/g)	*Salmonella* sp. พบใน 25 กรัม ตัวอย่าง	*S. aureus* (CFU/g)	TPC (CFU/g)
กระเทียม	+	<3	-	-	2.00E+04
กะปิ	-	<3	-	-	4.62E+05
ตะไคร้	+	40	-	78	8.30E+07
ผิวมะกรูด	-	<3	-	-	2.50E+04
พริกชี้ฟ้าแห้ง	+	<3	-	-	1.02E+05
พริกไทย	-	3	-	-	6.71E+07
เมล็ดผักชี	-	<3	-	-	6.73E+05
ยี่หร่า	-	<3	-	-	5.42E+05
รากผักชี	+	21	-	-	1.63E+07
หอมแดง	+	6	-	-	7.50E+04

+ : ตรวจพบ

-: ตรวจไม่พบ

4.1.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของน้ำพริกแกงในระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิห้อง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำพริกแกงเผ็ดและน้ำพริกแกงส้ม สภาวะบรรจุแบบมีอากาศและบรรจุแบบสุญญากาศ โดยตรวจทุกวันกระทั่งครบ 1 สัปดาห์ หรือจนกว่าน้ำพริกแกงเสีย เพื่อให้ทราบถึงอายุการเก็บของทั้ง 2 สภาวะ เพราะในปัจจุบันการจำหน่ายน้ำพริกแกงสดมี 2 แบบ คือ ใส่ถุงแล้วรัดด้วยหนังยาง และแบบซองผนึกแบบสุญญากาศ และเปรียบเทียบเพื่อนำสภาวะที่คงคุณภาพได้ดีกว่าไปทดลองในขั้นต่อไป ทั้งนี้เกณฑ์การตัดสินการเสียของน้ำพริกแกงจะใช้คะแนนประเมินด้านสี และกลิ่นทางประสาทสัมผัส เมื่อคะแนนน้อยกว่า 5 จากคะแนนเต็ม 9 คะแนน จัดว่าน้ำพริกแกงชนิดนั้นเสีย เนื่องจากในมาตรฐานอุตสาหกรรมว่าด้วยเรื่องของน้ำพริกแกง กำหนดว่าน้ำพริกแกงต้องมีลักษณะทั่วไปคือ มีสี กลิ่น รส ตามชนิดของน้ำพริกแกงและกลิ่นจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงไปจากกลิ่นปกติของน้ำพริกแกงชนิดนั้นๆ จนกระทั่งรู้สึกได้ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน (มาตรฐานอุตสาหกรรม, สำนักงาน, 2525) นอกจากนี้สุมณฑา วัฒนสินธุ์ และคณะ (2543) ได้พบว่า ผลการประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัส เป็นดัชนีชี้วัดการเสียของอาหารจำพวกเครื่องเทศ และน้ำพริกแกงได้อย่างเหมาะสมที่สุด สำหรับการประเมินกลิ่นรส

ทางประสาทสัมผัสนั้นไม่ได้ทดสอบ เนื่องจากโดยปกติก่อนจะนำน้ำพริกแกงไปปรุงอาหาร ผู้ปรุงจะใช้วิธีดูสี และดมกลิ่นของน้ำพริกแกง หากผิดปกติไปจากเดิมมาก จะไม่นำมาปรุงอาหาร เพราะจะได้แกงที่มีคุณสมบัติที่ยอมรับไม่ได้

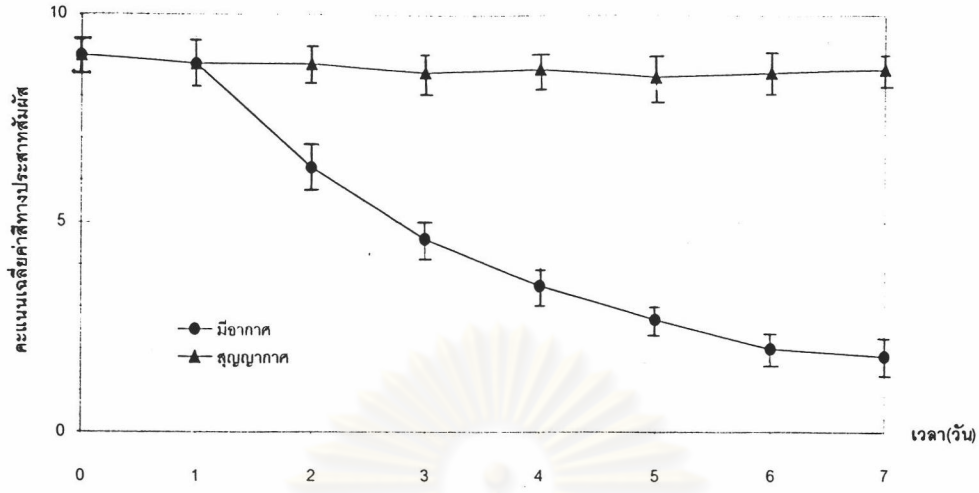
ผลการทดลองในน้ำพริกแกงเผ็ด พบว่าที่สภาวะมีอากาศคะแนนประเมินด้านสีและกลิ่นทางประสาทสัมผัส มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าต่ำกว่า 5 พร้อมกันในวันที่ 3 ของการทดสอบ สำหรับในสภาวะที่บรรจุแบบสุญญากาศนั้นคะแนนประเมินด้านสีทางประสาทสัมผัส ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่คะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัส มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าต่ำกว่า 5 ในวันที่ 10 ของการทดสอบ ดังรูปที่ 4.1-4.2 โดยพบว่าในขณะที่คะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัสจะลดลงตามระยะเวลา ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด 2 สภาวะการเก็บ จะเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.3 ปริมาณจุลินทรีย์รวมของน้ำพริกแกงเผ็ด สภาวะมีอากาศจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นกว่า สภาวะที่บรรจุแบบสุญญากาศ โดยเริ่มจากน้ำพริกแกงตัวอย่างเดียวกัน มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากันที่ 4.6×10^4 CFU/g ภายใน 2 วันแรก ปริมาณยังใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเริ่มเข้าสู่วันที่ 4 ที่สภาวะบรรจุแบบมีอากาศ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจะเริ่มสูงกว่าสภาวะที่บรรจุแบบสุญญากาศอย่างเห็นได้ชัด และวันที่ 6 ปริมาณเชื้อรวมของสภาวะบรรจุแบบมีอากาศนั้นสูงกว่า สภาวะที่บรรจุแบบสุญญากาศ มากกว่า 1 log cycle และในวันที่ 7 นั้นมีปริมาณมากกว่าถึง 2 log cycle และมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากอากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีพของเชื้อจุลินทรีย์ (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2539) ดังนั้นการที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีอากาศจะเสียเร็วกว่า แต่มีข้อสังเกตว่าในวันที่ 3 ซึ่งน้ำพริกแกงเผ็ดในบรรจุภัณฑ์ที่มีอากาศเริ่มเสีย ทั้งที่มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดใกล้เคียงสภาวะบรรจุแบบสุญญากาศมาก แสดงว่ามีปัจจัยอื่นนอกเหนือจากจุลินทรีย์ ซึ่งข้อแตกต่างระหว่าง 2 สภาวะการเก็บมีสิ่งเดียวคือ อากาศ ดังนั้นแสดงว่าออกซิเจนในอากาศมีผลต่อการเสียที่ไม่ได้มาจากจุลินทรีย์ นั่นคือ ปัจจัยทางเคมี เนื่องจาก โดยปกติพืชและราจะมีการสร้างเอนไซม์ภายในเซลล์เพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวกับการดำรงชีพ ซึ่งสับสเตรทส่วนใหญ่ก็อยู่ภายในเซลล์เช่นเดียวกัน แต่จะอยู่ต่างตำแหน่งภายในเซลล์ กระทั่งเซลล์เกิดความผิดปกติ เช่น เกิดการกระแทกจากแรงภายนอกจนเซลล์แตก เอนไซม์ก็จะมาทำปฏิกิริยากับสับสเตรทได้ ซึ่งเอนไซม์จำพวกออกซิโดรีดักเทส เช่น พอลีฟีนอลออกซิเดส ไลพอกซิเจเนส และไลเปส ก็เป็นเอนไซม์ที่พืชสร้างขึ้นตามปกติ ในสัดส่วนที่แตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด เมื่อนำพืชสมุนไพรเครื่องเทศมาบดให้เป็นน้ำพริกแกงเซลล์จะแตก ปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์กับสับสเตรทจะเกิดขึ้นโดยมีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเลคตรอน หรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดเป็นสารที่มีสี และกลิ่นเฉพาะตัว (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2543; สิริพร สธนเสาวภาคย์ ปราโมทย์ ธรรมรัตน์ และกาญจนิจ วาจนะวินิจ,

2538) จึงมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นน้ำพริกแกงเกิดขึ้น และน้ำมันหอมระเหยยังถูกทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ ทำให้โครงสร้างเปลี่ยนไปซึ่งเป็นสาเหตุของกลิ่นที่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของรงควัตถุ ในพืช เช่น สารพวกแคโรทีนในพริก จะทำให้สีแดงในผลิตภัณฑ์อาหารมีสีจางลง (สิริมา สุขพันธุ์, 2540) เป็นสาเหตุให้สีน้ำพริกแกงเปลี่ยนไปในลักษณะที่ค่าสี a จะลดลง ดังนั้น การเก็บน้ำพริกแกงในสภาวะที่บรรจุแบบสุญญากาศ จึงสามารถยับยั้งการเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่นในน้ำพริกแกงได้

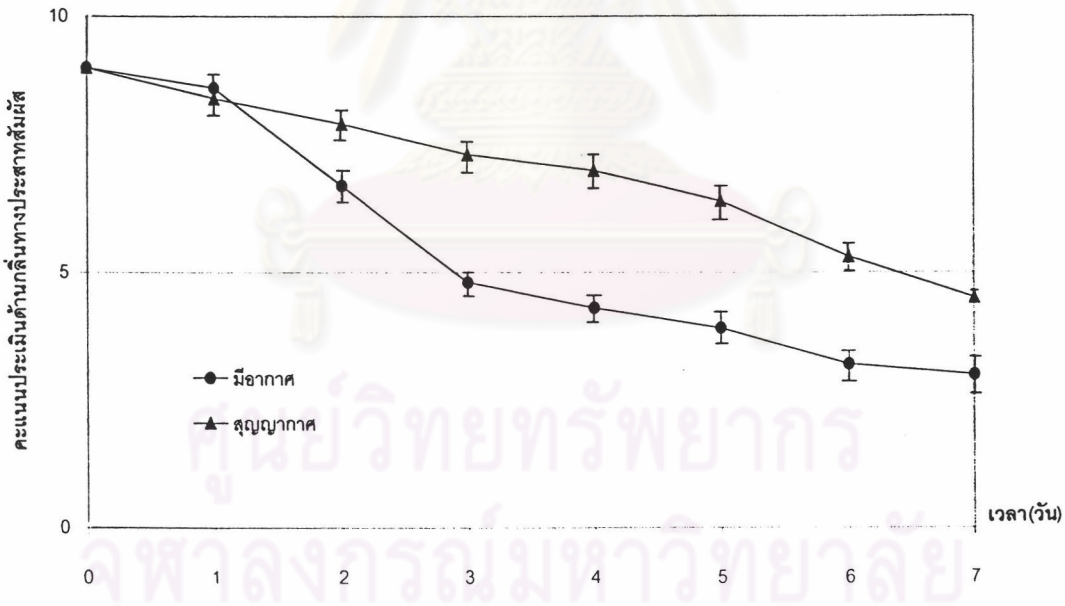
สำหรับค่า a_w นั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทั้ง 2 สภาวะ ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งน่าจะมาจากการรัดปากถุงในสภาวะบรรจุแบบที่มีอากาศ ส่งผลให้แม้มีอากาศแต่ไม่เกิดการถ่ายเทความชื้นจากภายนอกจึงไม่เกิดความแตกต่างของค่า a_w เช่นเดียวกับที่บรรจุแบบสุญญากาศ ส่วนค่า pH นั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลงทั้ง 2 สภาวะ ตลอดการเก็บ 7 วัน ดังรูปที่ 4.5 เนื่องจากสันนิษฐานว่าจุลินทรีย์ที่เจริญในน้ำพริกแกงจะย่อยน้ำตาลกลูโคสซึ่งมาจากเซลล์พืชที่เป็นส่วนผสมได้สารจำพวกกรด pH จึงลดลง

สำหรับค่าสีที่วัดได้จากเครื่องวัดสี นั้นจะพบว่าค่าสีทั้ง L และ b ของน้ำพริกแกงเผ็ด สภาวะบรรจุแบบมีอากาศ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนค่าสี a ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยเกี่ยวกับปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารพวกแคโรทีน อันเป็นสารรงควัตถุหลักในพริก ซึ่งเป็นส่วนผสมที่ให้สีแดงในน้ำพริกแกง ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า เมื่อรงควัตถุเหล่านี้สลายไปจะทำให้ ค่าสี a จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่สภาวะที่บรรจุแบบสุญญากาศ ค่าสีทั้ง 3 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังรูปที่ 4.6-4.8 ซึ่งสอดคล้องกับ ซึ่งผู้ทดสอบต่างลงความเห็นเหมือนกันว่าน้ำพริกแกงที่เก็บในสภาวะมีอากาศ มีสีซีดลง และสีแดงจางลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

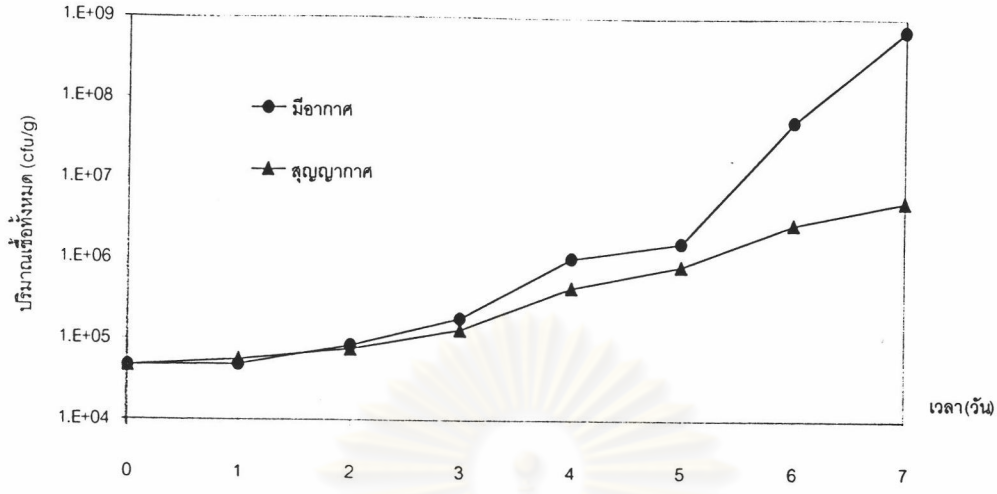


รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับคะแนนประเมินด้านสีทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกงเผ็ด

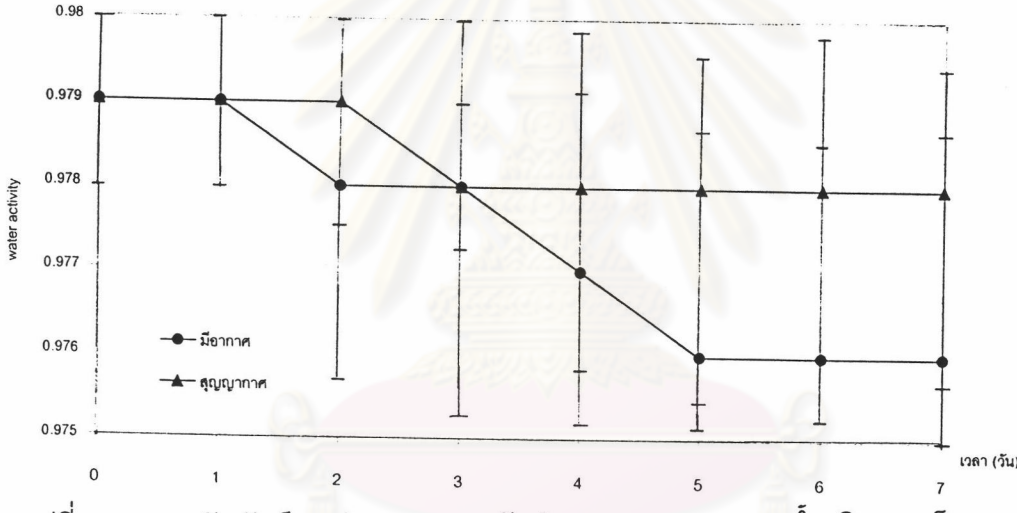


รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับคะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกงเผ็ด

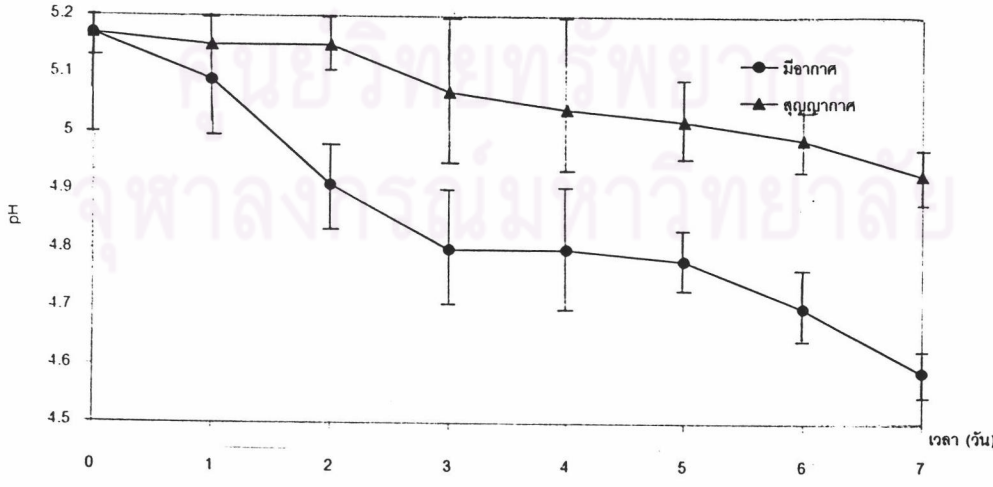
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



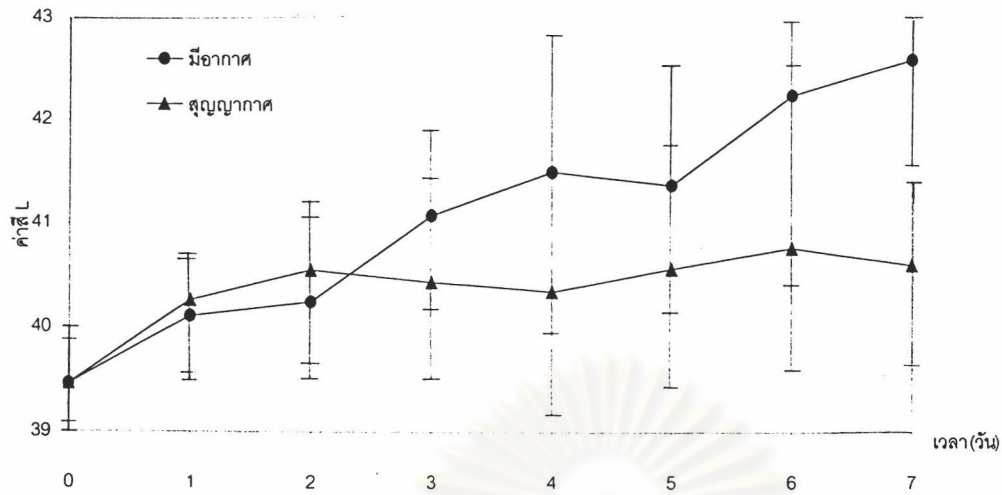
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำพริกแกงเผ็ด



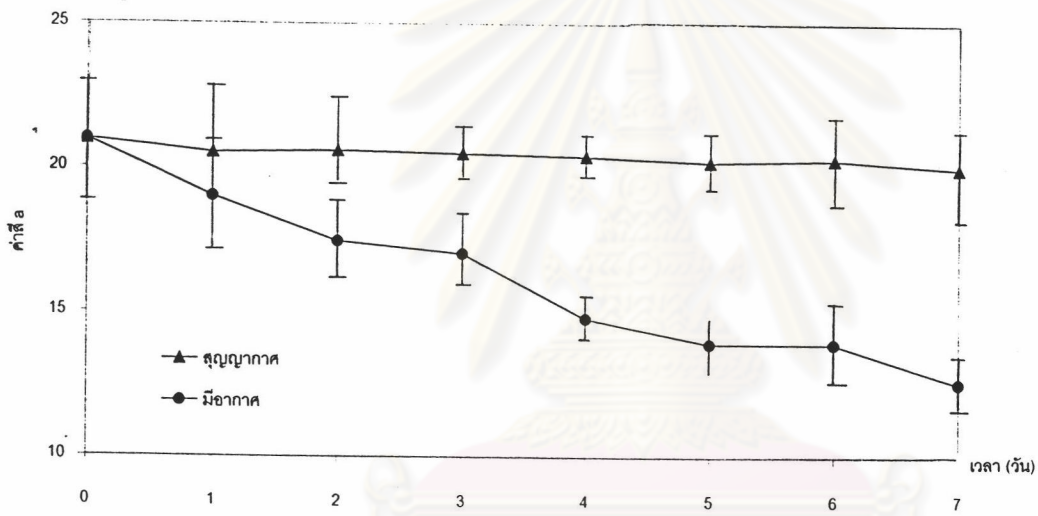
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับค่า water activity ของน้ำพริกแกงเผ็ด



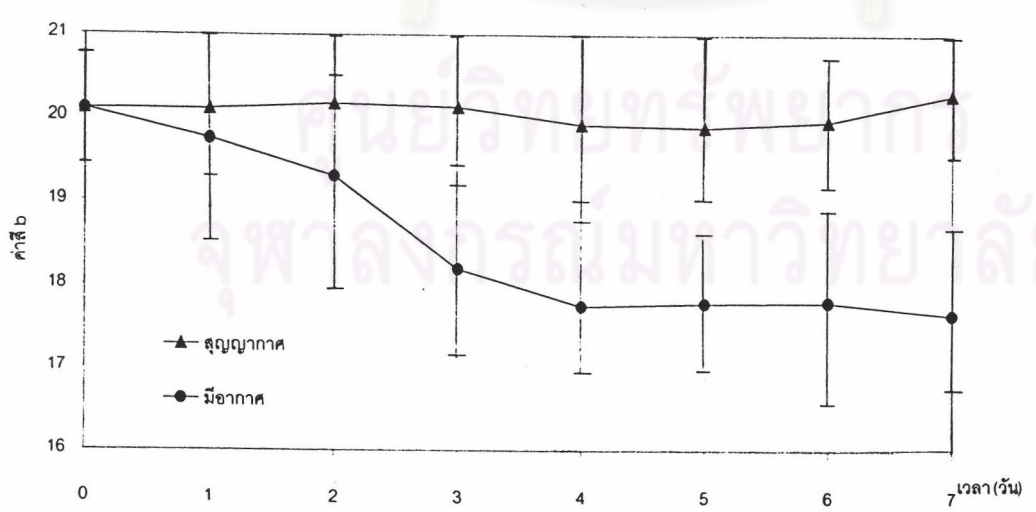
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับค่า pH ของน้ำพริกแกงเผ็ด



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับค่าสี L ของน้ำพริกแกงเผ็ด



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ ระหว่างระยะเวลากับ ค่าสี a ในน้ำพริกแกงเผ็ด

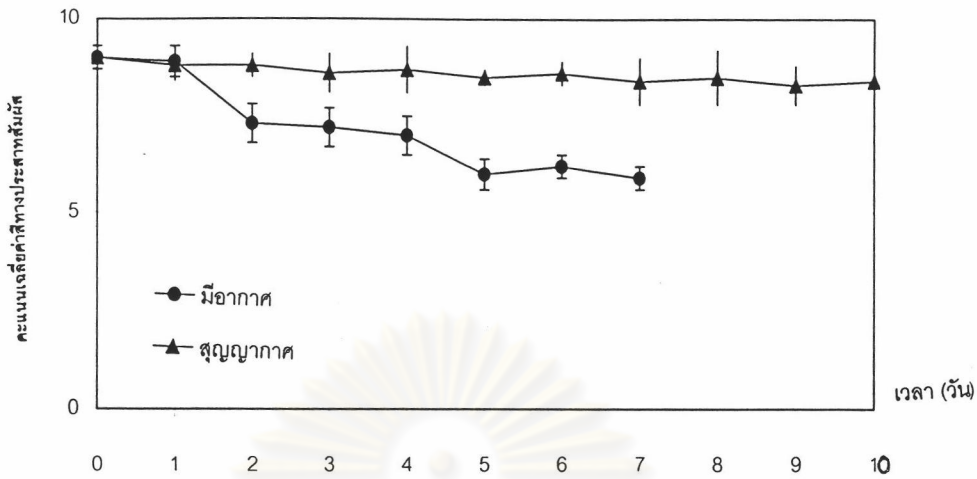


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลา กับ ค่าสี b ของน้ำพริกแกงเผ็ด

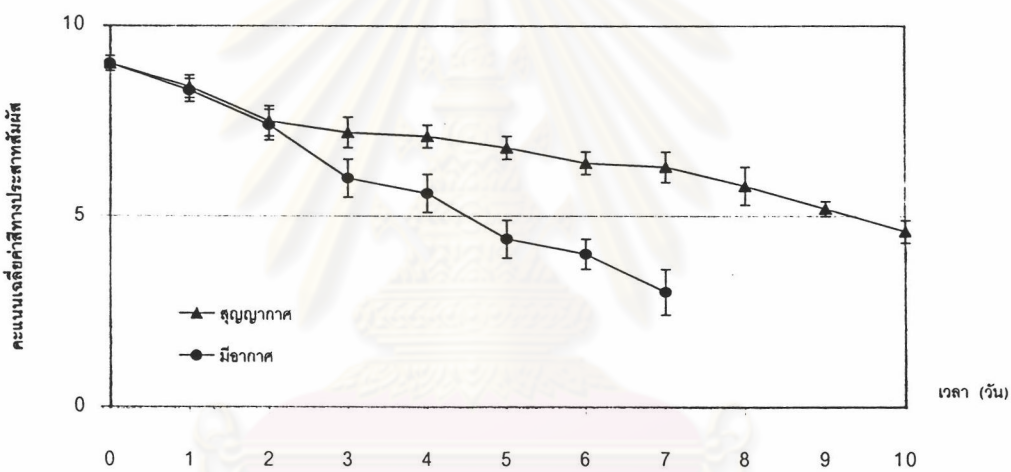
ผลการทดลองในน้ำพริกแกงส้ม เป็นไปดังรูปที่ 4.9-4.16 คือ การเก็บในสภาวะมีอากาศ คะแนนประเมินด้านสีทางประสาทสัมผัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ลดลงต่ำกว่าเกณฑ์ช้ากว่าคะแนนเฉลี่ยค่ากลิ่นทางประสาทสัมผัสซึ่งต่ำกว่า 5 ในวันที่ 5 จึงถือว่าน้ำพริกแกงส้มสภาวะมีอากาศเสียในวันที่ 5 สำหรับในสภาวะที่บรรจุแบบสุญญากาศนั้น คะแนนประเมินด้านสีทางประสาทสัมผัส ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่ค่ากลิ่นทางประสาทสัมผัสซึ่งเป็นเกณฑ์การเสียนั้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าต่ำกว่า 5 ในวันที่ 10 ของการทดสอบ เนื่องจากที่สภาวะมีอากาศเสียใน 5 วัน เมื่อครบสัปดาห์จึงหยุดวัดค่าอื่นๆ ดังรูปที่ 4.9-4.10 โดยเริ่มจากปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากันที่ 4.6×10^5 CFU/g ภายใน 2 วันแรก ปริมาณยังใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเริ่มเข้าสู่วันที่ 3 ที่สภาวะมีอากาศ จะเริ่มสูงกว่าสภาวะที่บรรจุแบบสุญญากาศมากกว่า 1 log cycle และครบ 1 สัปดาห์ ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของสภาวะมีอากาศนั้นสูงกว่า สภาวะที่บรรจุแบบสุญญากาศประมาณ 2 log cycle และมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าอากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีพของเชื้อจุลินทรีย์ สำหรับค่า a_w นั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทั้ง 2 สภาวะ ดังรูปที่ 4.2 ส่วนค่า pH นั้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้ง 2 สภาวะ ตลอดการเก็บ 7 วัน ดังรูปที่ 4.3 โดยมีเหตุผลเช่นเดียวกับผลการทดลองในน้ำพริกแกงเผ็ด

สำหรับค่าสีที่วัดได้จากเครื่องวัดสี นั้นจะพบว่าค่าสี a ของน้ำพริกแกงเผ็ดสภาวะมีอากาศต่างก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลง ในขณะที่ค่าสี L และ b รวมถึงค่าสีทั้ง 3 ของสภาวะที่บรรจุแบบสุญญากาศ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังรูปที่ 4.14-4.16 ทั้งนี้สีที่เปลี่ยนแปลงไปนี้เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับผู้ทดสอบที่ต่างร่วมลงความเห็นว่า น้ำพริกแกงส้มที่เก็บในสภาวะมีอากาศมีสีซีดลงอย่างชัดเจน

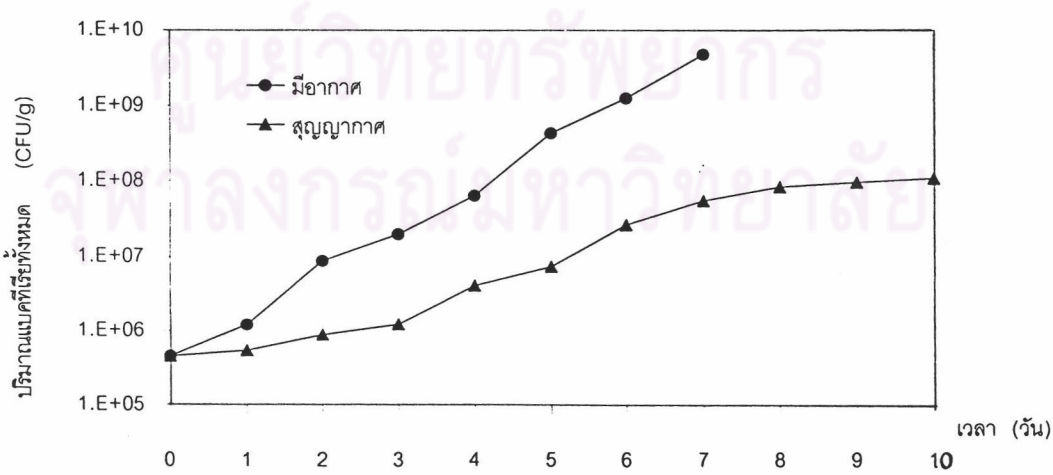
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



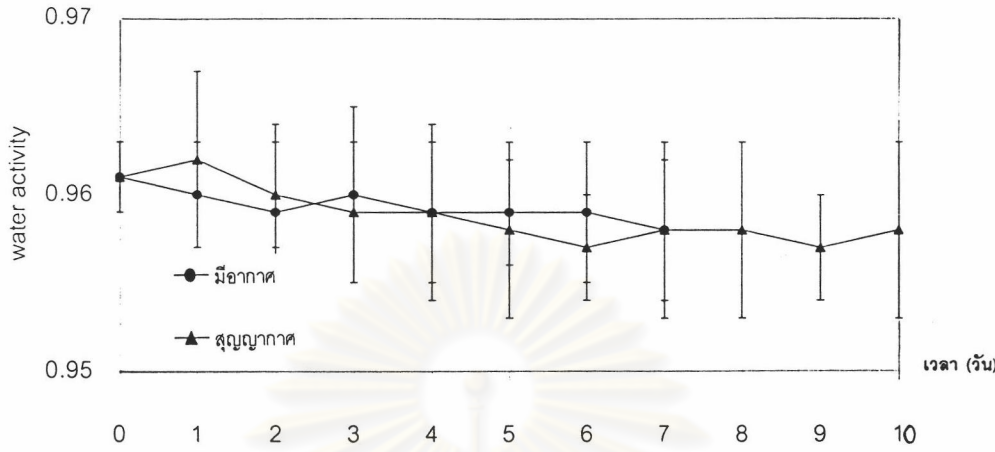
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา กับคะแนนเฉลี่ยค่าสีทางประสาทสัมผัสของแกงส้ม



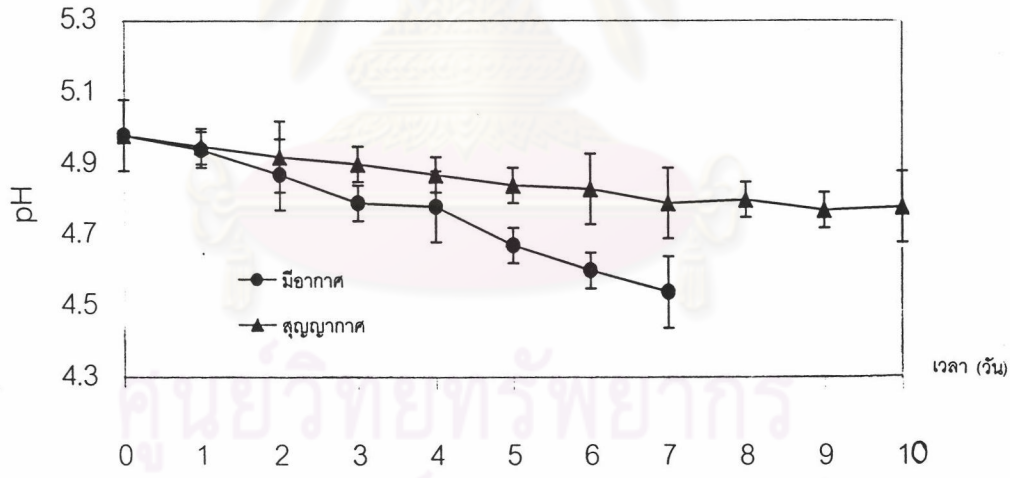
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา กับคะแนนเฉลี่ยค่ากลิ่นทางประสาทสัมผัส



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา กับปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของน้ำพริกแกงส้ม

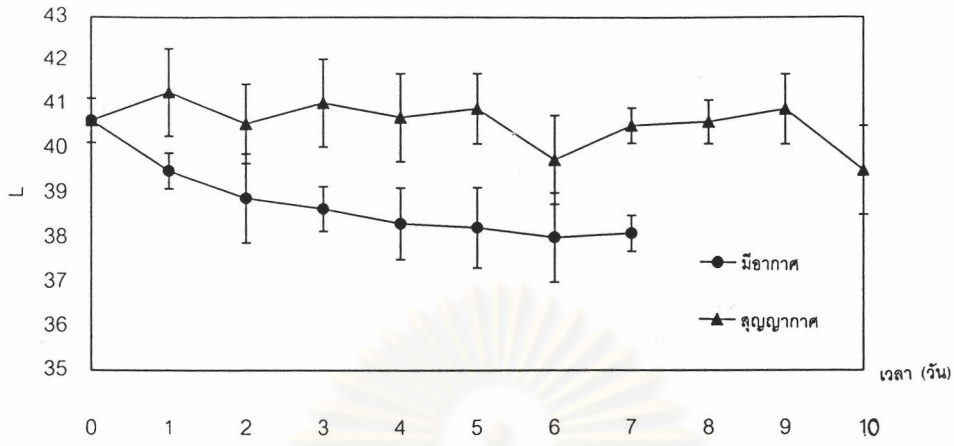


รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับค่า water activity ของน้ำพริกแกงส้ม

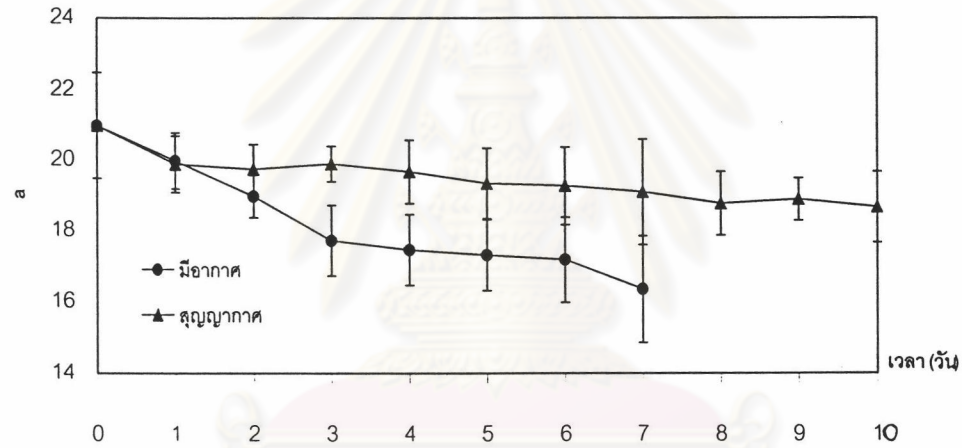


รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา กับค่า pH ของน้ำพริกแกงส้ม

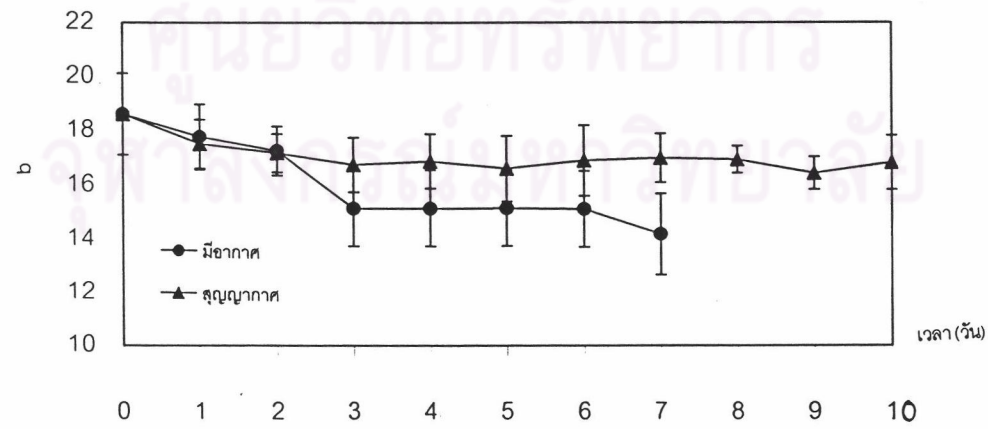
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา กับค่าสี L ของน้ำพริกแกงส้ม



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา กับค่าสี a ของน้ำพริกแกงส้ม



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา กับค่าสี b ของน้ำพริกแกงส้ม

4.1.3 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณแบคทีเรียที่พบในน้ำพริกแกงที่เริ่มเสีย

เมื่อนำน้ำพริกแกงทั้ง 2 ชนิดที่เริ่มเสีย มาตรวจปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด และแยกแบคทีเรียที่มีปริมาณมากตามวิธีในภาคผนวก ข.7 ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นแบคทีเรียที่มีส่วนในการทำให้น้ำพริกแกงเสีย โดยแยกจากน้ำพริกแกงเผ็ดได้แบคทีเรีย 2 ชนิด ตามลักษณะโคโลนีที่ต่างกันชัดเจน ซึ่งแทนด้วย 'A' และ 'B' โดยมีปริมาณดังตารางที่ 4.2 สำหรับในน้ำพริกแกงส้ม สุ่มตรวจโคโลนีที่ได้จากการตรวจแบคทีเรียทั้งหมด พบแบคทีเรียชนิดเดียว แทนด้วย 'C' โดยมีปริมาณดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 จุลินทรีย์ที่แยกได้จากน้ำพริกแกงเผ็ดและน้ำพริกแกงส้ม ในวันที่เริ่มเสีย

ชนิดน้ำพริกแกง	แบบบรรจุภัณฑ์	จุลินทรีย์ที่พบ (CFU/g)			
		จุลินทรีย์ทั้งหมด	'A'	'B'	'C'
น้ำพริกแกงเผ็ด	มีอากาศ วันที่ 3	1.2×10^5	1.1×10^5	5.7×10^3	-
	สุญญากาศ วันที่ 7	7.6×10^8	7.5×10^8	6.8×10^5	-
น้ำพริกแกงส้ม	มีอากาศ วันที่ 5	7.9×10^8	-	-	7.9×10^8
	สุญญากาศ วันที่ 10	1.1×10^8	-	-	1.1×10^8

นำแบคทีเรียที่แยกได้ไปทดสอบสมบัติชีวเคมี ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยเพื่อระบุชนิดของแบคทีเรีย (Holt, 1994) (ภาคผนวก ง.) พบว่าแบคทีเรีย 'A' คือ *B. circulans* 'B' คือ *B. licheniformis* และ 'C' คือ *B. circulans* ซึ่งสาเหตุที่พบทั้ง 2 สภาวะ คือ แบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดนี้ สามารถเจริญได้ทั้งที่มีอากาศและไร้อากาศ แต่หากมีอากาศจะเจริญได้ดีกว่า โดย *B. circulans* เจริญได้ที่ อุณหภูมิ 30- 40 องศาเซลเซียส และจะไม่เจริญที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส แต่ *B. licheniformis* เจริญได้ดีที่ 30-55 องศาเซลเซียส(Holt, 1994) จึงสามารถใช้ความแตกต่างนี้แยกแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดจากกันได้ ด้วยการบ่มดูการการเจริญที่ 37 กับที่ 55 องศาเซลเซียส โดยผลการวิเคราะห์นี้ใกล้เคียงกับ อรองจันทร์ประสาทสุข (2545) ที่ได้ระบุว่า *B. stearothermophilus* เป็นจุลินทรีย์ที่รอดจากน้ำพริกแกงเผ็ดที่ปรับค่า a_w เป็น 0.93 และ pH เป็น 4.0 ได้ กับที่ สิริพร สธนเสาวภาคย์ และคณะ(2538) รายงานผลจากการตรวจจุลินทรีย์ที่แยกได้จากน้ำพริกสำเร็จรูปบรรจุภาชนะปิดสนิท ซึ่งมีส่วนผสมได้แก่ สมุนไพรเครื่องเทศ เช่น พริกแห้ง กระเทียม ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด ตลอดจนกุ้งแห้ง และปลาแห้ง พบว่าล้วนเป็น *Bacillus* sp. ได้แก่ *B. megaterium, B. mycoides* และ *B. coagulans* ซึ่งอาจปนเปื้อนมาจากวัตถุดิบ เนื่องจาก *Bacillus* sp. เป็นเชื้อที่พบโดยปกติในเครื่องเทศ

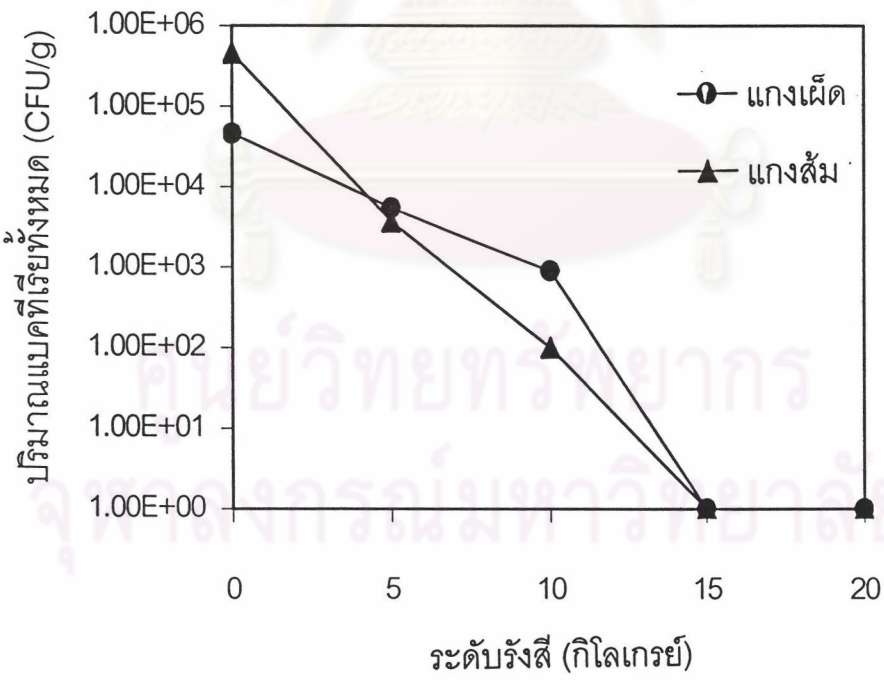
(คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2540) นอกจากนี้ สิริพร สธน เสาวภาคย์ ปราโมทย์ ธรรมรัตน์ และกาญจนิจ วาจนะวินิจ (2539) ยังพบว่าแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในพริกแห้งส่วนใหญ่เป็น *Bacillus sp.* เนื่องจาก งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า *Bacillus sp.* พบได้ทั่วไปในดิน จึงติดมากับเครื่องเทศ ซึ่งเครื่องเทศบางชนิดล้างให้สะอาดจนปลอดแบคทีเรียได้ยาก อีกประการคือ แบคทีเรียเหล่านี้สามารถสร้างเอนโดสปอร์ ซึ่งมีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี (Holt, 1994) ซึ่งผลการตรวจที่ได้เป็นการยืนยันข้อสันนิษฐานข้างต้นของสาเหตุที่ค่า pH ของน้ำพริกแกงลดลงตามระยะการเก็บ เนื่องจากโดยปกติ *Bacillus* sp. เมื่อย่อยน้ำตาลกลูโคสซึ่งมีอยู่ในพืชทั่วไป จะได้สารหลายชนิด โดยมีสารจำพวกกรดเป็นหลัก เช่น กรดแลคติก ฟอร์มิก อะซีติก อันส่งผลถึงค่า pH ดังเช่นสาเหตุการเสียแบบเปรี้ยวแต่ไม่บวมของอาหารกระป๋องจาก *B. stearothermophilus* (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2540)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งของน้ำพริกแกงที่มีต่อแบคทีเรียก่อโรคบางชนิด และต่อแบคทีเรียที่พบในน้ำพริกแกงที่เริ่มเสีย

4.2.1 ศึกษาปริมาณรังสีที่ทำให้น้ำพริกแกงปลอดเชื้อ

ผลการทดลองฉายรังสีแกมมาในน้ำพริกแกงทั้ง 2 ชนิด ที่ระดับ 0 5 10 15 และ 20 กิโลเกรย์ พบว่าต้องใช้ปริมาณรังสีที่ระดับ 15 กิโลเกรย์ขึ้นไปจึงจะทำให้ปลอดเชื้อ ดังรูปที่ 4.17 ซึ่งระดับนี้ถือว่าสูงกว่าการฉายรังสีในเครื่องเทศเพื่อการค้า ซึ่งส่วนใหญ่ไม่เกิน 10 กิโลเกรย์ (วราวุฒิ ครูส่ง, 2538) เนื่องจากทางการค้านั้นไม่จำเป็นต้องทำให้ปลอดเชื้อ เป็นเพียงการลดจุลินทรีย์ลงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับ แต่การทดลองนี้ต้องการทำปลอดเชื้อ เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำพริกแกงอาจรบกวนเชื้อบริสุทธิ์ที่จะเติมลงไป และผลการนับเชื้อที่เติมจะคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของรังสีในการฉายรังสีต่อปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่รอดชีวิต

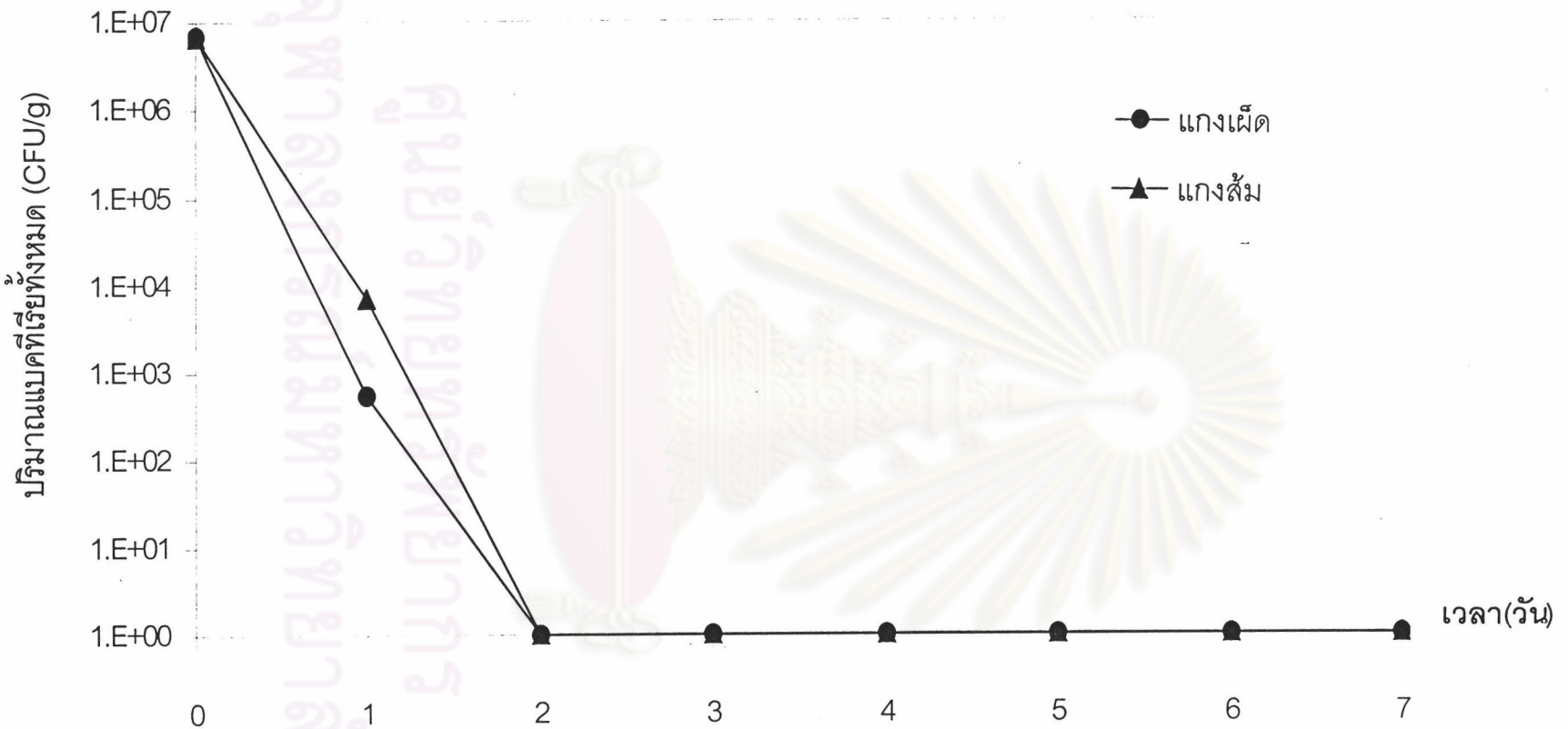
4.2.2 วิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งของน้ำพริกแกง ที่มีผลต่อแบคทีเรียก่อโรคและแบคทีเรียที่พบในน้ำพริกแกงที่เริ่มเสีย

จากการทดลองเติมแบคทีเรียบริสุทธิ์ลงในน้ำพริกแกงที่ทำให้ปลอดเชื้อโดยผ่านการฉายรังสี และบรรจุภาชนะทั้งในสภาวะมีอากาศ กับบรรจุแบบสุญญากาศ เพื่อให้ทราบฤทธิ์ในการต้านเชื้อก่อโรคแต่ละชนิดที่เป็นข้อกำหนดตามเกณฑ์ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (วิทยาศาสตร์การแพทย์, กรม, 2544) ของน้ำพริกแกง หากว่ามีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียชนิดใดได้ ก็แสดงว่าแบคทีเรียชนิดนั้นน่าจะไม่เป็นปัญหาในขั้นตอนการเก็บ จึงไม่จำเป็นต้องตรวจติดตามแบคทีเรียชนิดนั้นๆ อีกในการทดลองขั้นต่อไป และนำแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่พบในน้ำพริกแกงแต่ละชนิดมาเติมลง เพื่อยืนยันว่าแบคทีเรียชนิดนั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเสียของน้ำพริกแกง ผลการทดลอง เป็นไปดังรูปที่ 4.18-4.25 ดังนี้

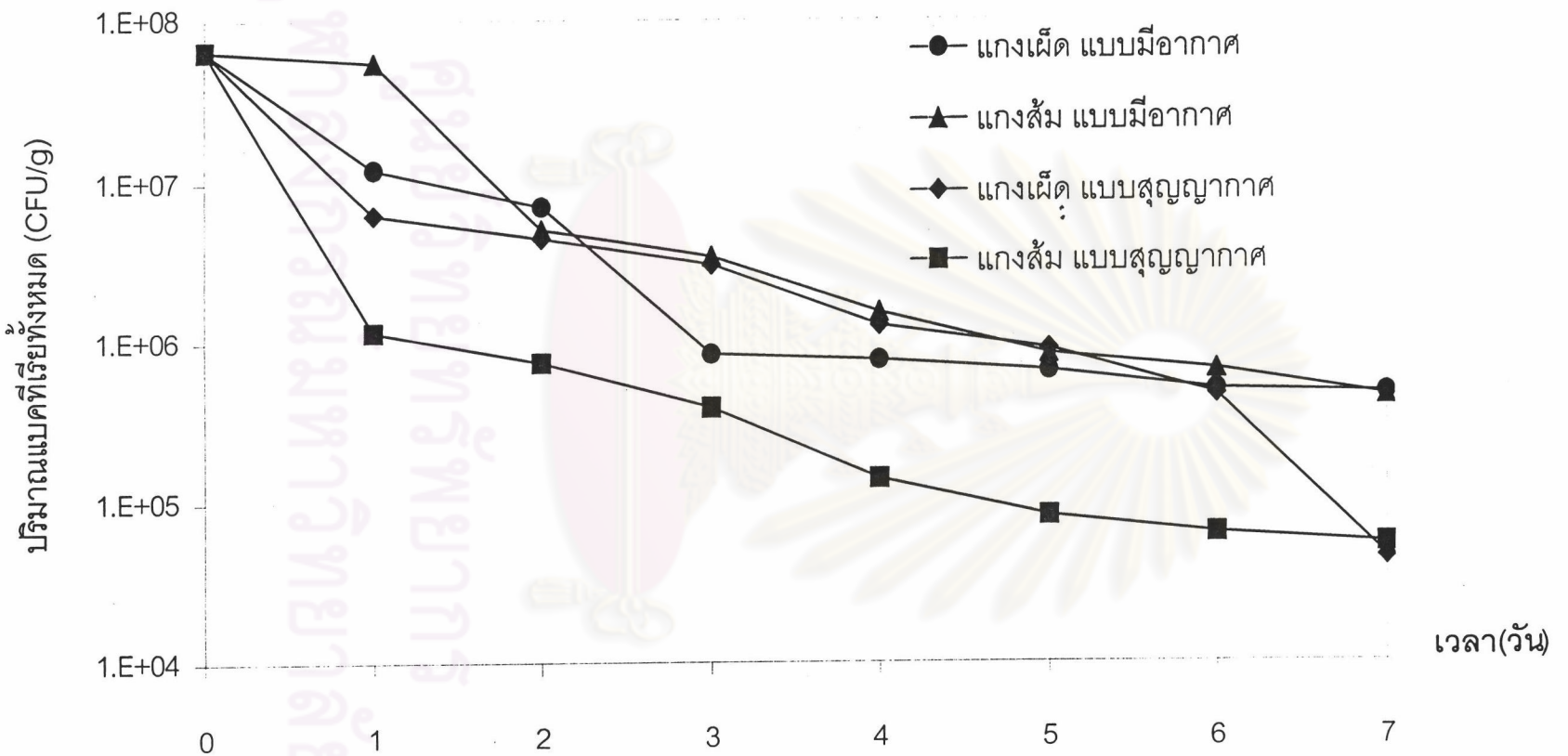
ในสภาวะสุญญากาศน้ำพริกแกงส้มและน้ำพริกแกงเผ็ดมีฤทธิ์ลดเชื้อ*C. perfringens* ที่ 6.8×10^6 CFU/g จนตรวจไม่พบภายใน 2 วัน ดังรูปที่ 4.18 *E.coli* ที่ 6.5×10^7CFU/g ให้ลดลง 2 log cycleใน 7 วัน ดังรูปที่ 4.19 น้ำพริกแกงทั้ง 2 ชนิด มีฤทธิ์ลด *Salmonella* sp. ที่ 3.62×10^7 CFU/g จนตรวจไม่พบภายใน 2 วัน ดังรูปที่ 4.20 ในสภาวะที่มีอากาศน้ำพริกแกงส้ม และน้ำพริกแกงเผ็ดมีฤทธิ์ลดเชื้อ *E.coli* ที่ 6.5×10^7 CFU/g ให้ลดลง 2 log cycleใน 7 วัน ดังรูปที่ 4.19 ซึ่งเช่นเดียวกันกับสภาวะมีสุญญากาศ ลดเชื้อ *Salmonella* sp. ที่ 3.62×10^7 CFU/g จนตรวจไม่พบภายใน 2 และ 3 วัน ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.20 ซึ่งใกล้เคียงกับสภาวะสุญญากาศ เนื่องจาก *E.coli* และ *Salmonella* sp. เป็น facultative bacteria สำหรับเชื้อ *S. aureus* ที่ 7.84×10^6CFU/g ลดลงจนตรวจไม่พบภายใน 4 และ 5 วัน ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.21 (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล , 2539) *S. aureus* ที่ 7.84×10^6 CFU/g จนตรวจไม่พบภายใน 3 และ 4 วัน ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.21 ซึ่งใช้เวลาในการยับยั้งมากกว่าสภาวะมีสุญญากาศเนื่องจาก *S. aureus* สามารถดำรงชีวิตในที่มีอากาศได้ดีกว่าที่ไร้อากาศ (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล , 2539) โดยสมบัติในการยับยั้งหรือลดปริมาณแบคทีเรียก่อโรคของน้ำพริกแกงมาจากน้ำมันหอมระเหยในเครื่องเทศที่เป็นส่วนผสม ซึ่งน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดจะออกฤทธิ์ต่อแบคทีเรียแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ดังตารางที่ 2.2 - 2.3 และเครื่องเทศแต่ละชนิดก็มีน้ำมันหอมระเหยชนิดหลักต่างกัน ดังนั้นน้ำพริกแกงที่ได้จึงมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียได้ต่างกัน แม้ว่าน้ำพริกแกงที่ใช้จะเป็นน้ำพริกแกงที่ผ่านการฉายรังสีในปริมาณที่สูงถึง 15 กิโลเกรย์ ซึ่งการฉายรังสีอาจจะมีผลต่อการเสื่อมสลายของน้ำมันหอมระเหยด้วย แต่ยังสามารถยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคได้ดังที่กล่าวมา แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยในสภาพปกติ

ซึ่งไม่ได้ผ่านการฉายรังสี น่าจะสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการทดลองนี้ ดังนั้นอาจสันนิษฐานได้ว่าแบคทีเรียก่อโรคที่เป็นเกณฑ์ทางสุขาภิบาลไม่อยู่ในระดับที่เป็นปัญหาในน้ำพริกแกงสำหรับการทดลองนี้ แม้จะต้องใช้เวลาในการทำลายแบคทีเรียบางชนิดมากกว่า 1 วัน ซึ่งหากตรวจน้ำพริกแกงในช่วง 1-2 วันแรกของการผลิต อาจมีปริมาณเกินเกณฑ์การยอมรับของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ แต่ในความเป็นจริงปริมาณแบคทีเรียดังกล่าว ที่พบปนเปื้อนในน้ำพริกแกงที่ผลิตเสร็จใหม่มีน้อยกว่าที่ทดลองมาก

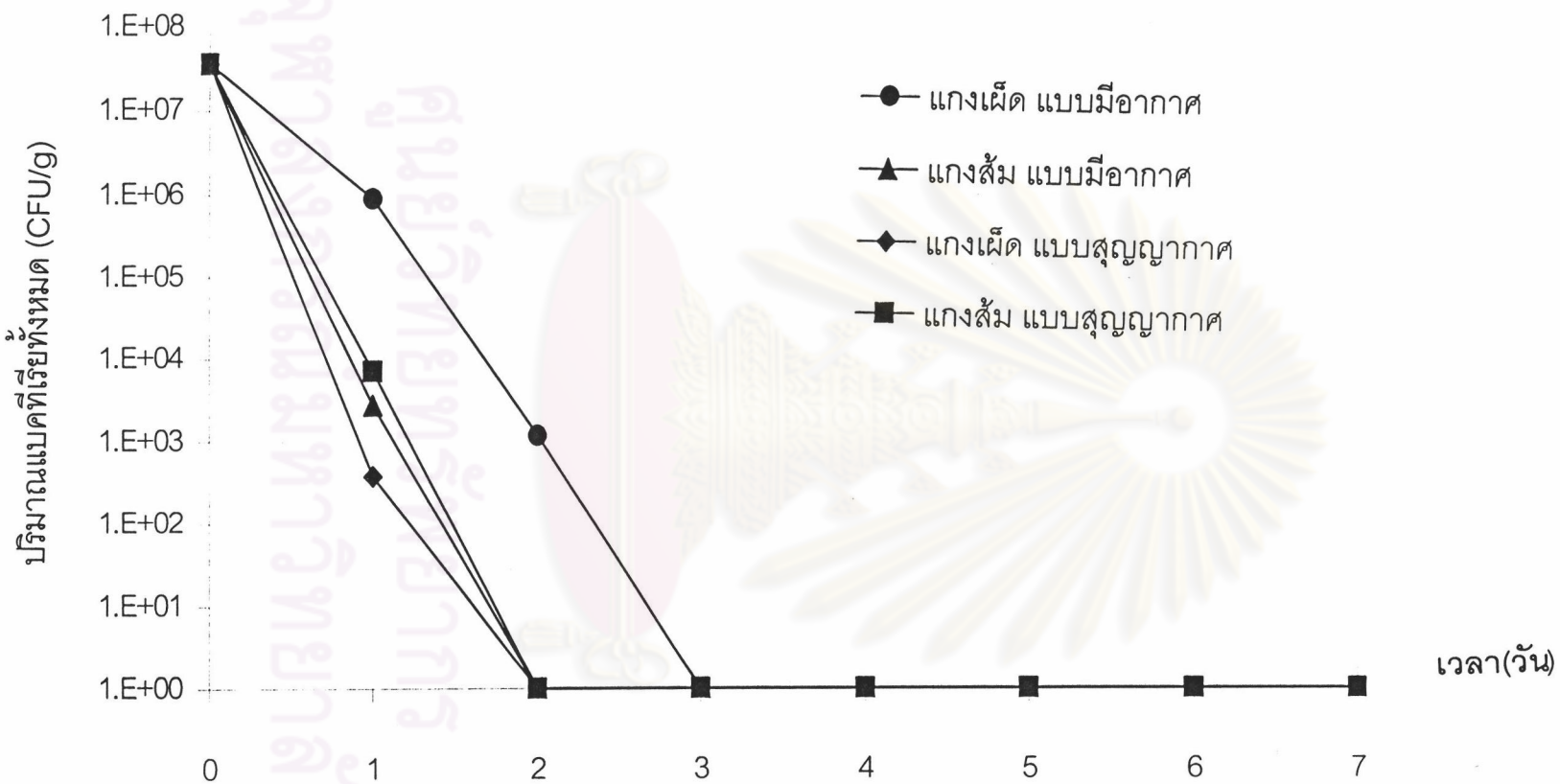
ผลของการเติมแบคทีเรียที่พบในน้ำพริกแกงที่เริ่มเสียลงในน้ำพริกแกงที่ผ่านการฉายรังสี พบว่า เมื่อเติม *B. circulans* ลงในน้ำพริกแกงทั้ง 2 ชนิด ทั้งสภาวะการบรรจุแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศ ในปริมาณ 2.35×10^6 CFU/g การเจริญในน้ำพริกแกง มีลักษณะและแนวโน้มใกล้เคียงกัน คือเจริญได้ดีที่ความเข้มข้นในช่วงแรก และจะเริ่มคงที่ในช่วงต่อมา และเมื่อครบสัปดาห์สภาวะบรรจุแบบมีอากาศ มีปริมาณ *B. circulans* เพิ่มขึ้นประมาณ 3 log cycle และ ในสภาวะบรรจุแบบสุญญากาศ จะมีปริมาณน้อยกว่าเล็กน้อย ดังรูปที่ 4.22 และสังเกตได้ว่า *B. circulans* มีความสัมพันธ์กับคะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัส โดยคะแนนจะลดลงต่ำกว่าระดับการยอมรับเร็วกว่าการทดลองที่ไม่มีการถ่าย *B. circulans* โดยในการทดลอง 4.1 น้ำพริกแกงเผ็ดที่เก็บในสภาวะบรรจุแบบมีอากาศ และสภาวะบรรจุแบบสุญญากาศจะเสียในวันที่ 3 และ 7 ตามลำดับ ส่วนน้ำพริกแกงเผ็ดที่เติม *B. circulans* เก็บในสภาวะบรรจุแบบมีอากาศและสภาวะบรรจุแบบสุญญากาศ จะเสียในวันที่ 2 และ 4 ในขณะที่น้ำพริกแกงส้ม ที่เก็บในสภาวะบรรจุแบบมีอากาศ และสภาวะบรรจุแบบสุญญากาศจะเสียในวันที่ 5 และ 10 ตามลำดับ ส่วนน้ำพริกแกงส้มที่เติม *B. circulans* จะเสียในวันที่ 4 และ 7 ตามลำดับ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า *B. circulans* เป็นสาเหตุหลักของการเสียของน้ำพริกแกงที่เก็บแบบบรรจุสุญญากาศ ในการทดลองนี้ ส่วนผลของการเติม *B. licheniformis* ลงในน้ำพริกแกงเผ็ด 4.8×10^5 CFU/g นั้น พบว่าเจริญได้ดีในน้ำพริกแกงเผ็ดทั้ง 2 สภาวะการเก็บ ดังรูปที่ 4. 24 โดยที่สภาวะสุญญากาศเชื้อจะเจริญเพิ่มขึ้น 2 log cycle เมื่อครบสัปดาห์ น้อยกว่าสภาวะมีอากาศซึ่งเพิ่มประมาณ 3 log cycle และสัมพันธ์กับคะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัส ซึ่งลดลงต่ำกว่าเกณฑ์ยอมรับเร็วกว่าการทดลองที่ไม่ได้มีการเติม *B. licheniformis* โดยน้ำพริกแกงเผ็ดที่ไม่ได้เติมแบคทีเรียเก็บในสภาวะบรรจุแบบมีอากาศ และสภาวะบรรจุแบบสุญญากาศจะเสียในวันที่ 3 และ 7 ตามลำดับ ส่วนน้ำพริกแกงเผ็ดที่เติม *B. licheniformis* จะเสียในวันที่ 2 และ 3 ตามลำดับ จึงกล่าวได้ว่า *B. licheniformis* เป็นสาเหตุส่วนหนึ่งของการเสียในน้ำพริกแกงเผ็ดสำหรับการทดลองนี้



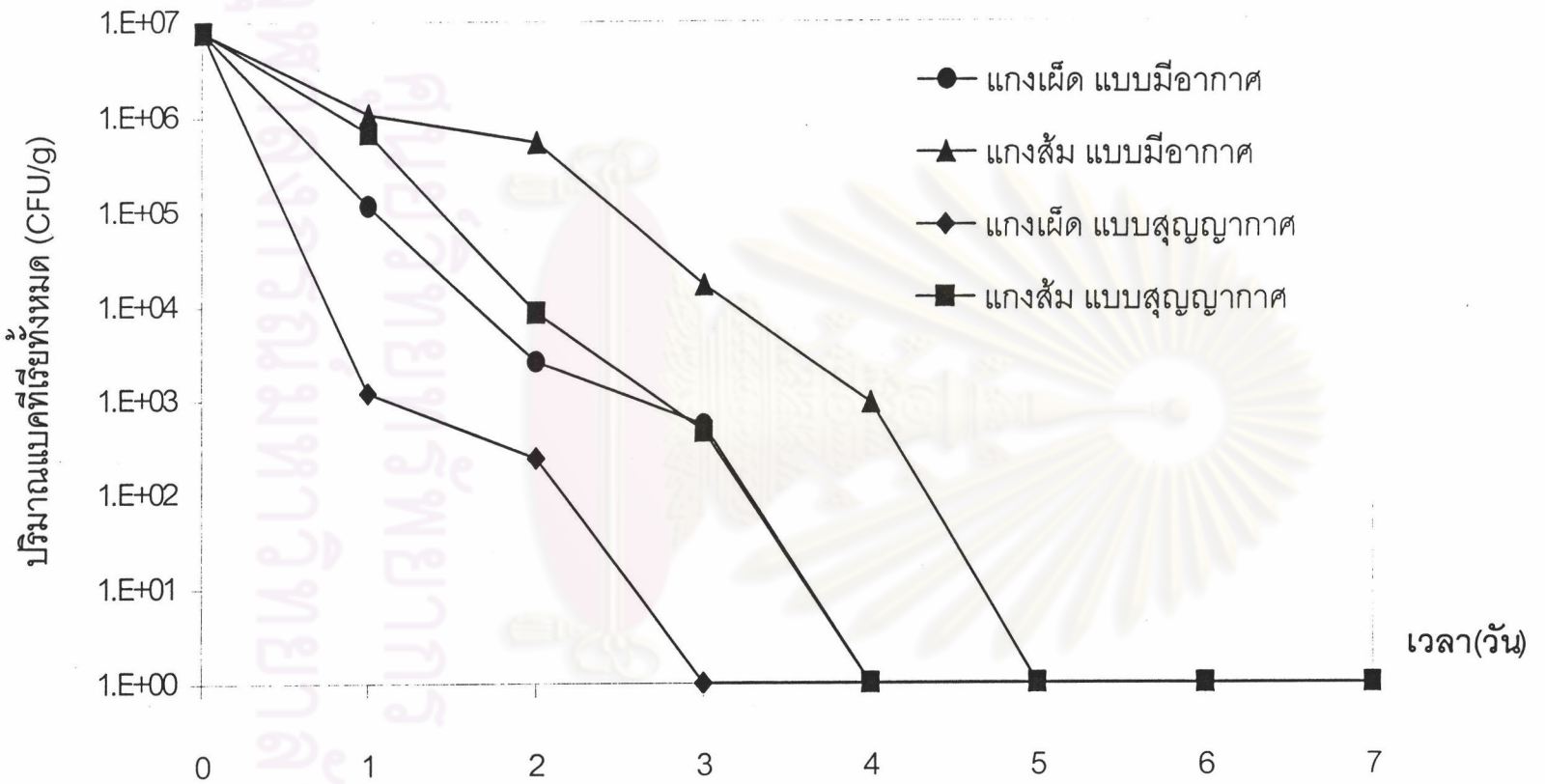
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณเชื้อ *C. perfringens* ในน้ำพริกแกง ที่สภาวะสุญญากาศ



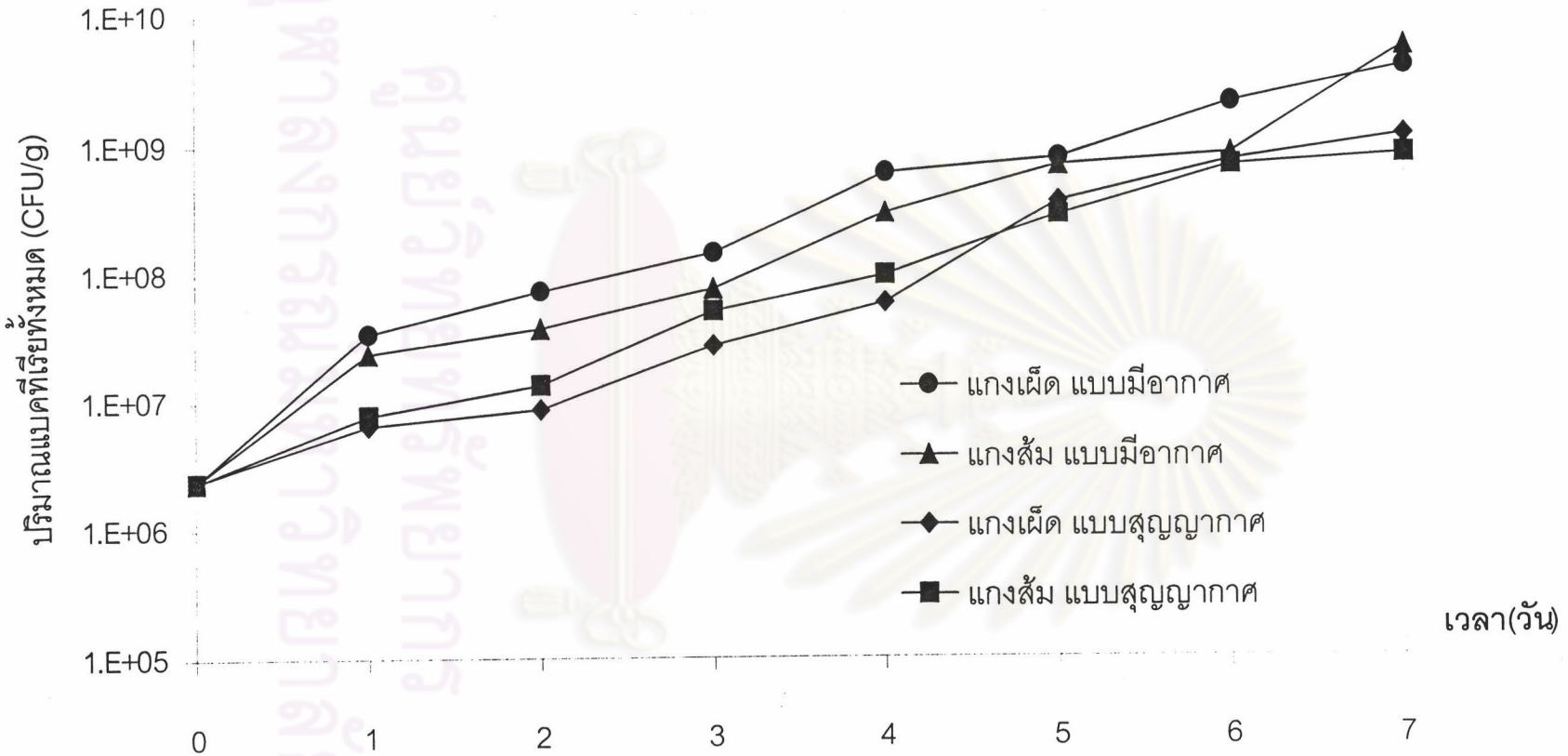
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณ *E.coli* ในน้ำพริกแกง ที่สภาวะบรรจุแบบมีอากาศ และบรรจุแบบสุญญากาศ



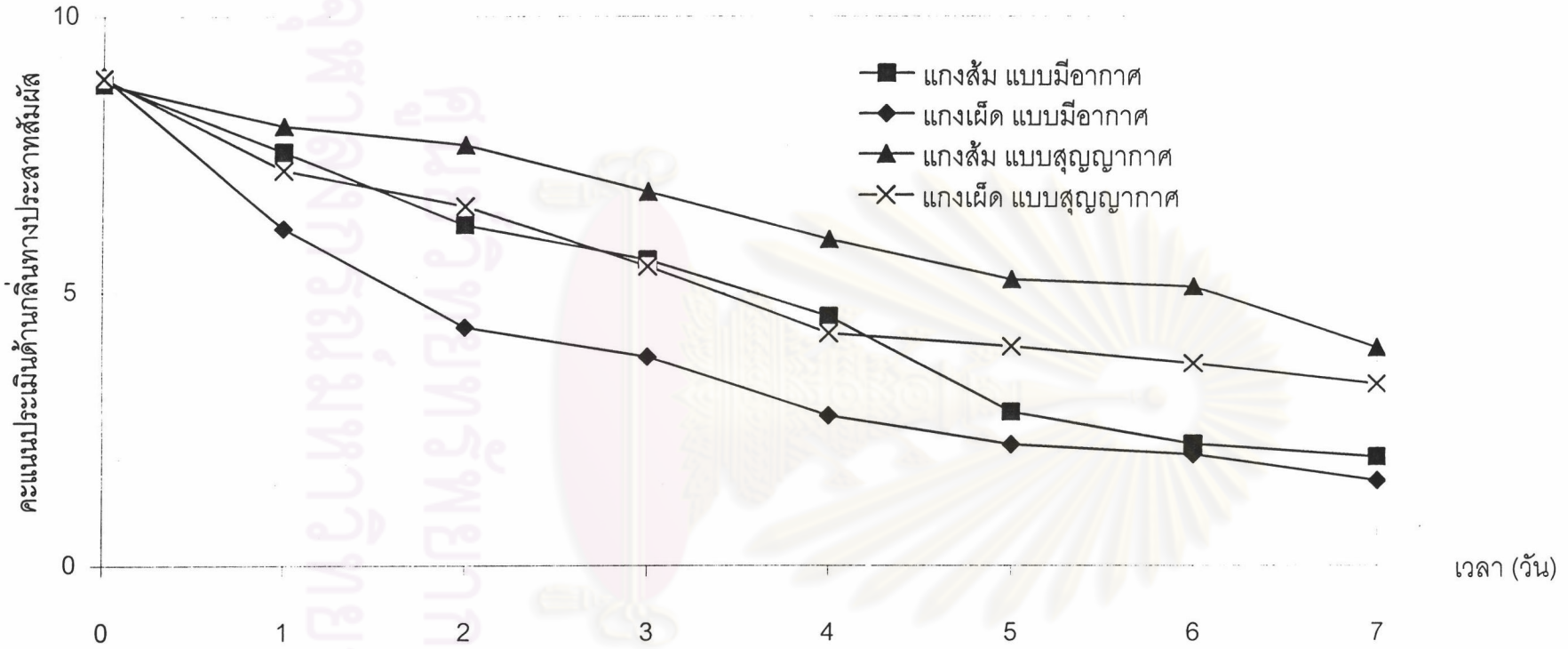
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณ *Salmonella sp.* ในน้ำพริกแกง ที่สภาวะบรรจุแบบมีอากาศ และแบบสุญญากาศ



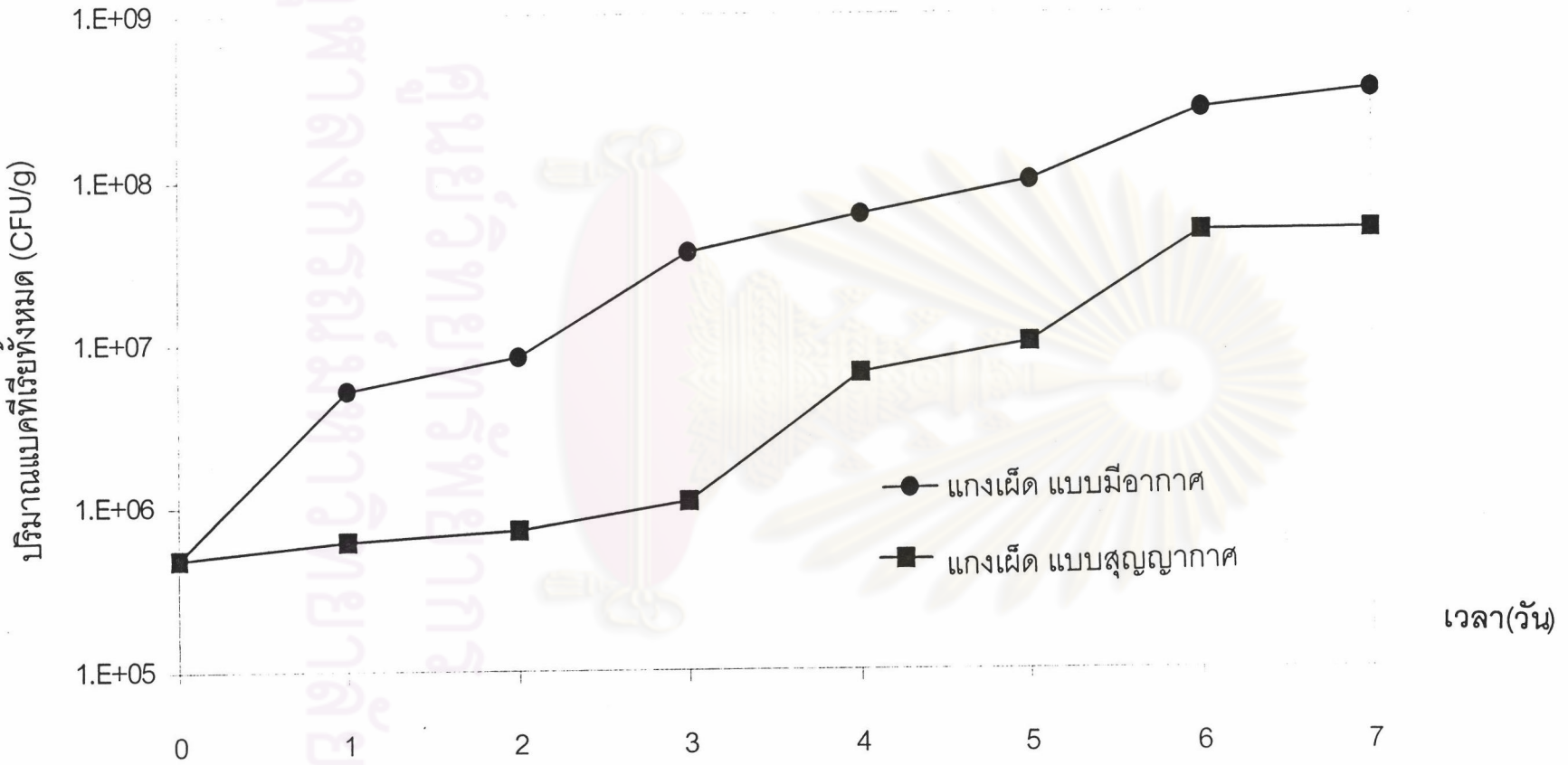
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณ *S.aureus* ในน้ำพริกแกง ที่สภาวะบรรจุแบบมีอากาศ และแบบสุญญากาศ



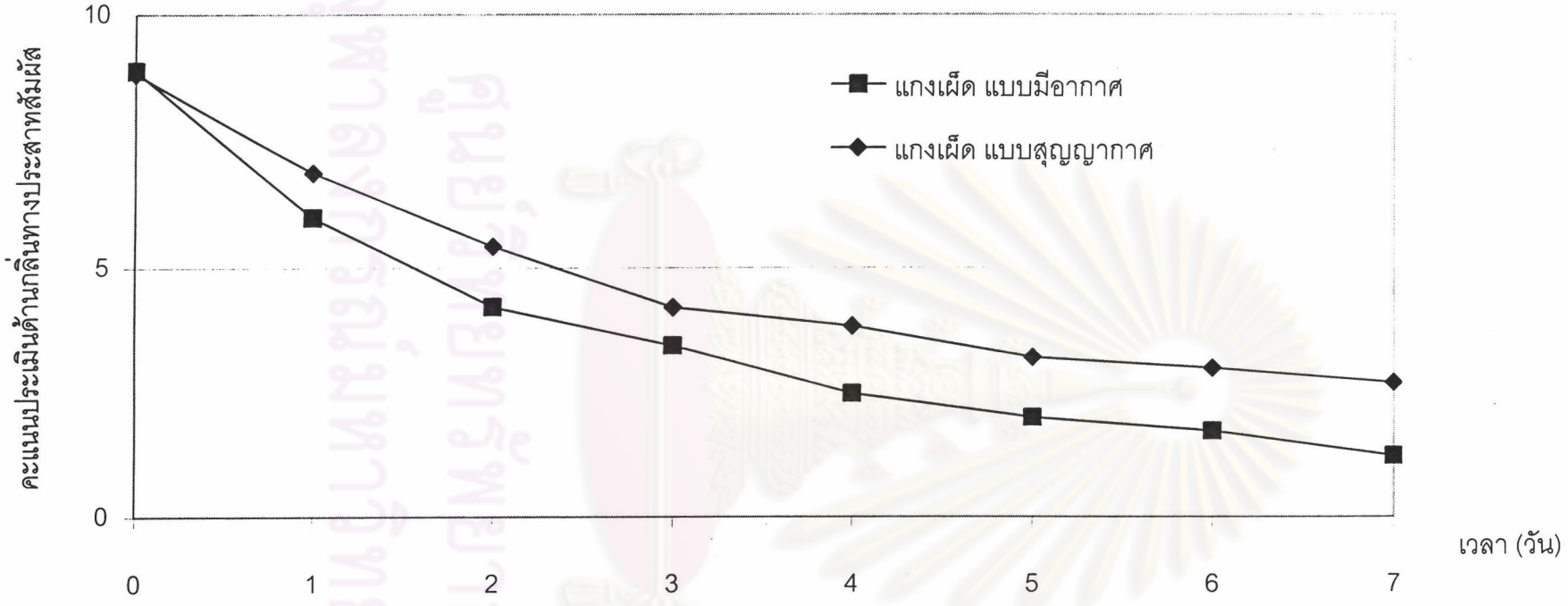
รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณ *B. circulans* ในน้ำพริกแกง ที่สภาวะบรรจุแบบมีอากาศ และแบบสุญญากาศ



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา และคะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกง 2 ชนิด ที่เก็บ ทั้งสภาวะบรรจุแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศ ที่มีการเจริญของ *B. circulans* ตามรูปที่ 4.22



รูปที่ 4. 24 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา กับปริมาณ *B. licheniformis* ในน้ำพริกแกงเผ็ด ที่สภาวะบรรจุแบบมีอากาศ และแบบสุญญากาศ



รูปที่ 4.25 **ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา และคะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกงเผ็ด ที่เก็บทั้งสภาวะบรรจุแบบมีอากาศและแบบสุญญากาศ ที่มีการเจริญของ** *B. licheniformis* **ตามรูปที่** 4.24

4.3 ศึกษาผลการแปรปริมาณไคโตซาน ค่า pH และ a_w ต่อการถนอมรักษาน้ำพริกแกง

4.3.1 การตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ในวัตถุดิบ

ผลการตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ในวัตถุดิบ ดังตารางที่ 4.2 นั้นพบว่า มีความสอดคล้องกับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของวัตถุดิบในขั้นตอน 4.1 โดยตัวอย่างแต่ละชนิดมีปริมาณจุลินทรีย์รวมแตกต่างกันไม่เกิน 1 log CFU/g เนื่องจากเป็นวัตถุดิบ lot เดียวกัน

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	*C. perfringens* ใน 0.001 กรัม ตัวอย่าง	*E. coli* (MPN/g)	*Salmonella* sp. ใน 25 กรัม ตัวอย่าง	*S. aureus* (CFU/g)	TPC (CFU/g)
กระเทียม	-	<3	-	-	1.80E+04
กะปิ	-	<3	-	-	2.62E+05
ตะไคร้	+	20	-	37	5.30E+07
ผิวมะกรูด	-	<3	-	-	3.50E+04
พริกชี้ฟ้าแห้ง	+	<3	-	-	1.20E+05
พริกไทย	-	3	-	-	4.23E+07
เมล็ดผักชี	-	<3	-	-	4.00E+05
ยี่หร่า	-	<3	-	-	1.35E+05
รากผักชี	+	14	-	-	8.70E+06
หอมแดง	+	9	-	-	6.10E+04

+ : ตรวจพบ

- : ตรวจไม่พบ

4.3.2 การตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ในน้ำพริกแกง

เมื่อเตรียมน้ำพริกแกงจากวัตถุดิบที่มีคุณภาพทางจุลินทรีย์ ดังตารางที่ 4.3 ตามสูตรที่ดัดแปลงจากของ ศรีสมร คงพันธุ์ (2543) พบว่า น้ำพริกแกงมีคุณภาพทางจุลินทรีย์ดังตารางที่ 4.4 นั่นคือ น้ำพริกแกงที่บดเสร็จใหม่ปลอดจาก *Salmonella sp. S. aureus* แต่พบว่า *C. perfringens* มีจำนวนเกินเกณฑ์ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2544) ที่กำหนดไว้ว่า ต้องไม่พบใน 0.001 กรัม โดยมาจาก หอมแดง ตะไคร้ และรากผักชี ซึ่งแบคทีเรียจำพวก *Clostridium*

พบได้ตามดินทั่วไป แต่เมื่อเข้าสู่วันที่1 และวันที่ 2 ของการเก็บในภาชนะปิด บรรจุแบบสุญญากาศ ก็ตรวจไม่พบอีก *E. coli* นั้นพบในน้ำพริกแกงทั้ง 2 ชนิด โดยน้ำพริกแกงเผ็ดมีมากกว่า เนื่องจากในส่วนผสมมีตะไคร้ กับรากผักชี ซึ่งมีปริมาณ *E. coli* สูง ในขณะที่น้ำพริกแกงส้มได้รับแบคทีเรียจากหอมแดงเพียงชนิดเดียว แต่เมื่อเข้าสู่วันที่ 4 ก็ตรวจไม่พบ เป็นไปตามข้อสมมติฐานที่กล่าวไว้ในวัตถุประสงค์ที่ 4.2 คือ ปริมาณแบคทีเรียก่อโรคที่พบในน้ำพริกแกงสดนั้นพบได้น้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานและน้อยกว่าที่ได้ทดลองเติมแบคทีเรียในข้อ 4.2 มาก เมื่อถูกยับยั้งจากสารออกฤทธิ์จำพวกน้ำมันหอมระเหยก็จะลดลงกระทั่งไม่พบในที่สุด ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องตรวจแบคทีเรียเหล่านี้ในขั้นทดลองการเก็บอีกต่อไป

นอกจากแบคทีเรียที่เป็นข้อกำหนดของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์แล้วยังได้ตรวจ *C. botulinum* เนื่องจากเป็นการบรรจุแบบสุญญากาศ ซึ่งเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของแบคทีเรียชนิดนี้ อันเป็นแบคทีเรียก่อโรคที่สร้างสารพิษอันตราย และแบคทีเรียชนิดนี้ยังพบได้ในดินทั่วไป ซึ่งอาจปนเปื้อนมากจากวัตถุดิบได้ (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2545) แต่ก็ตรวจไม่พบในน้ำพริกแกงสดใหม่ทั้ง 2 ชนิด และในวันที่ 1 และ 2 ด้วย

ตารางที่ 4.4 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำพริกแกง ในแต่ละระยะการเก็บ

	น้ำพริกแกงเผ็ด			น้ำพริกแกงส้ม		
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2
C. botulinum	-	-	-	-	-	-
C. perfringens	+	-	-	+	-	-
E. coli (MPN / g)	3	<3	<3	7	<3	<3
Salmonella sp.	-	-	-	-	-	-
S. aureus	-	-	-	-	-	-

+ : ตรวจพบเกินเกณฑ์มาตรฐานกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

- : ตรวจไม่พบ

4.3.3 ศึกษาผลของการแปรปริมาณไคโตซาน ค่า pH และ a_w ต่อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุการเสียในน้ำพริกแกง และการยอมรับทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำน้ำพริกแกงทั้ง 2 ชนิด ที่ได้เตรียมไว้มาแปรด้วยปัจจัยทั้ง 3 อย่าง คือ แปรปริมาณไคโตซาน เป็น 3 ระดับ ดังนี้ 0 0.05 0.1% แปรค่า pH ด้วยกรดแลคติก เนื่องจาก

กรดแลคติกเป็นกรดที่มีความปลอดภัยสูง และยับยั้งแบคทีเรียจำพวกที่สร้างสปอร์ได้ดี (Luck and Jager, 1997) เป็น 3 ระดับ โดยน้ำพริกแกงเผ็ดจากเดิม 5.2 เป็น 5.2 4.7 4.2 น้ำพริกแกงส้มจากเดิม 5.0 เป็น 5.0 4.5 4.0 แปรค่า a_w ด้วยการเติมเกลือแกง ซึ่งเป็นสารที่มีความปลอดภัยสูง ราคาต่ำกว่าสารที่มีความสามารถลด a_w ชนิดที่นำมาใช้ทางอุตสาหกรรมได้ เป็น 3 ระดับ คือ น้ำพริกแกงเผ็ดจากเดิม 0.98 เป็น 0.98 0.93 0.88 น้ำพริกแกงส้มจากเดิม 0.96 เป็น 0.96 0.91 0.86 แล้วหาปฏิสัมพันธ์ระหว่างเฮอร์เดิลที่ใช้กับผลทางกายภาพ ได้แก่ pH a_w และค่าสีที่ได้จากการวัด ผลทางจุลชีววิทยา คือ น้ำพริกแกงเผ็ดจะตรวจปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดซึ่งเจริญได้ที่การบ่มที่ 37 และ 55 องศาเซลเซียส เนื่องจากสันนิษฐานว่า แบคทีเรียที่จะเจริญได้และมีผลต่อการเสียในน้ำพริกแกงเผ็ด คือ *B. circulans* และ *B. licheniformis* ดังที่กล่าวแล้วว่าความทนทานต่ออุณหภูมิในการเจริญของแบคทีเรีย 2 ชนิดนี้ไม่เท่ากัน โดย *B. circulans* มีช่วงของอุณหภูมิในการ เจริญ 30-40 องศาเซลเซียส ในขณะที่ *B. licheniformis* มีช่วงของอุณหภูมิในการเจริญได้ในช่วง 30-55 องศาเซลเซียส การทดลองนี้จึงได้ใช้ความแตกต่างนี้เป็นการพิสูจน์ข้อสันนิษฐาน เพราะจากการทดลองที่ผ่านมา *B. licheniformis* จะมีปริมาณน้อยกว่าประมาณ 1-2 log cycle การบ่มที่ 55 องศาเซลเซียสจึงช่วยให้เกิดความสะดวกในการตรวจ นอกจากนี้จะประเมินผลด้านสีและกลิ่นทางประสาทสัมผัส ซึ่งจะใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินการเสียของน้ำพริกแกงเช่นเดียวกับการทดลอง 4.1 โดยตรวจทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 3 เดือน และประเมินผลด้านกลิ่นรสทางประสาทสัมผัสวันที่0 45 และ90

จากผลการทดลองตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่ 2 อุณหภูมิการบ่ม และ ทำปฏิกิริยาทางชีวเคมี พบว่า จากการสุ่มตรวจแบคทีเรียที่มีมากที่สุดที่อุณหภูมิการบ่ม 37 องศาเซลเซียส คือ *B. circulans* และผลการสุ่มแบคทีเรียที่พบมากที่สุดที่อุณหภูมิการบ่ม 55 องศาเซลเซียส คือ *B. licheniformis* ดังสมมติฐานที่ตั้งไว้ จึงอาจกล่าวได้ว่า ปริมาณ *B. circulans* แปรผันตาม ปริมาณแบคทีเรียที่เจริญได้ที่อุณหภูมิการบ่ม 37 องศาเซลเซียส และปริมาณ *B. licheniformis* แปรผันตามปริมาณแบคทีเรียที่เจริญได้ที่อุณหภูมิการบ่ม 55 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ส่งผลต่อแบคทีเรียทั้ง 2 อุณหภูมิการบ่ม ในน้ำพริกแกงเผ็ด ได้แก่ pH ไคโตซานและ ผลร่วมระหว่าง pH และไคโตซาน ดังตารางที่ 4.3 สำหรับค่า a_w ซึ่งไม่มีผลต่อแบคทีเรียทั้ง 2 อุณหภูมิการบ่ม นั้น ไม่ได้หมายความว่า a_w จะไม่มีผลต่อแบคทีเรียชนิดนี้ แต่น่าจะมาจากการที่แบคทีเรียชนิดนี้สามารถเจริญได้ในช่วง a_w กว้างกว่าที่แปรในการทดลองนี้ ซึ่งอยู่ที่ 0.96-0.86 จึงเป็นเหตุให้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แม้ว่าแบคทีเรียส่วนใหญ่จะหยุดการเจริญที่ a_w น้อยกว่า 0.91 แต่ *Bacillus* sp. นั้น เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่ต่างจากกลุ่มอื่น เนื่องจากมีความหลากหลายของชนิดและสายพันธุ์สูง มีตั้งแต่ แบคทีเรียที่ชอบความเย็น ชอบ

ความร้อน ชอบความเป็นด่าง ชอบความเป็นกรด บางชนิดสามารถเจริญได้ในที่มี water activity ต่ำถึง 0.80 (Holt, 1994) ดังนั้น *Bacillus* sp ที่พบในการทดลองนี้อาจเป็นชนิดที่เจริญได้ในที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.86 ซึ่งเป็นแปรค่า a_w ต่ำที่สุดในการทดลองนี้ ดังนั้นหากมีการลดค่า a_w ให้ต่ำถึงระดับที่ยับยั้งได้ แบคทีเรียจำพวกนี้จึงจะเริ่มสร้างสปอร์ และปฏิกิริยาของเซลล์ที่ตอบสนองต่อภายนอกสปอร์จะน้อยมาก ทำให้น้ำพริกแกงเสียช้าลง เช่นเดียวกับที่ สิริพร สธนเสาวภาคย์ และคณะ (2538) ได้ทดลองสุ่มตัวอย่างน้ำพริกสำเร็จรูปในภาชนบรรจุปิดสนิท ในตลาดสด ซึ่งมี pH อยู่ที่ระหว่าง 6.1-4.9 แต่ค่า a_w เฉลี่ยต่ำถึง 0.556-0.668 แต่ตรวจพบปริมาณแบคทีเรียถึง 2.89 – 5.15 log CFU/g แล้วแต่ชนิดของน้ำพริกนั้น สามารถแยกระบุได้ว่าเป็นแบคทีเรีย 4 ชนิดซึ่งล้วนแล้วแต่เป็น *Bacillus* sp. ทั้งหมด ทั้งนี้ปริมาณแบคทีเรียรวมมีค่าค่อนข้างคงที่ แม้ตรวจที่ระยะการเก็บเดือนที่ 1 3 และ 6 กล่าวได้ว่า *Bacillus* sp ที่อยู่ในน้ำพริกนั้นอยู่ในรูปสปอร์ จึงไม่เกิดการเสียจาก *Bacillus* sp เกิดขึ้น แต่ในการทดลองนี้ไม่สามารถลดค่า a_w ด้วยเกลือให้ต่ำกว่าค่าที่แปรนี้ (น้ำพริกแกงเผ็ด 0.88 และน้ำพริกแกงส้ม 0.86) เนื่องจากจะส่งผลให้เมื่อนำน้ำพริกแกงมาปรุงเป็นแกง หรืออื่นๆ เช่น ห่อหมก ผัดเผ็ด แล้วจะมีรสเค็มเกินไป ไม่เป็นที่ยอมรับ สำหรับค่า pH ที่ทดลองแปรอยู่ในระหว่างเป็น 5.2- 4.2 ซึ่งมีผลให้เกิดความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญนั้น เนื่องจากแบคทีเรียถูกยับยั้งด้วยค่า pH ที่อยู่ในช่วงที่ทดลองนี้ สอดคล้องกับที่อรองจันทร์ประสาทสุข (2545) ซึ่งแปร pH ถึงระดับ 4.0 และ a_w ถึง 0.83 ในน้ำพริกแกงเผ็ด พบว่าปัจจัยมีผลอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ในการยับยั้ง *B. stearothermophilus* คือ การปรับ pH ส่วนการปรับค่า a_w ไม่มีผล สำหรับการเติมด้วยไคโตซานนั้น แม้จะยังไม่ทราบกลไกที่แน่ชัดในการยับยั้งแบคทีเรีย แต่ก็มีการยืนยันจากงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้มากมาย ตั้งแต่ที่มนุษย์รู้จักสารชนิดนี้ (Hughey and Johnson, 1987; Hughey *et al* ., 1989; Shahidi *et al*.,1999) นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของไคโตซานที่ต่ำที่สุดที่จะยับยั้งแบคทีเรียได้ (Minimum inhibitory concentration) อยู่ที่ 0.01-0.5% (Chen et al., 1998; Rhoades and Roller, 2000; Roller and Covill, 1999; Sudarshan et al., 1992; Tsai and Su, 1999; Tsai et al., 2000) ผลที่ได้จะมีความสอดคล้องกับคะแนนเฉลี่ยค่ากลิ่นทางประสาทสัมผัส ในตารางที่ 4.5 นั่นคือ ปัจจัยที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ได้แก่ pH ไคโตซานและ ผลร่วมระหว่าง pH และไคโตซาน โดยค่าปริมาณแบคทีเรียที่อุณหภูมิห้องทั้ง 2 และ คะแนนเฉลี่ยค่ากลิ่นทางประสาทสัมผัส ได้แสดงในตาราง 4.6-4.19

เนื่องจากปัจจัยในการแปร a_w ตลอดจนปัจจัยร่วมของค่าa_wไม่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียที่บ่มที่อุณหภูมิ 37 และ 55 องศาเซลเซียส และ คะแนนเฉลี่ยค่ากลิ่นทางประสาทสัมผัส จึงเสมือนว่าเฮอร์เดิลที่มีปฏิสัมพันธ์กันและมีอิทธิพล 2 ชนิด คือ การแปรไคโตซาน 3 ระดับ และ การแปรค่า pH 3 ระดับ

ผลการทดลองการเก็บ พบว่า ในช่วงวันที่ 0 ปริมาณแบคทีเรีย และคะแนนเฉลี่ยค่ากลิ่นทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าปริมาณไคโตซาน กรด และเกลือ ที่ใช้ในการปรับ a_w ไม่มีผลต่อกลิ่นของน้ำพริกแกงให้เกิดความแตกต่างกัน แม้ว่าไคโตซานที่ใช้นั้นอยู่ในรูปสารละลาย 2% ในสารละลายกรดอะซีติก 2 % ซึ่งเป็นกรดที่มีผลต่อกลิ่นรสของอาหาร (Stratford, 1999) แต่ปริมาณที่เติมลงไปใช้มากที่สุดเพียง 5 % เท่ากับว่าสูตรที่ผสมไคโตซาน 0.1 % มีกรดอะซีติกอยู่เพียง 0.1 % ซึ่งอยู่ในระดับที่ต่ำมาก จนผู้ทดสอบไม่สามารถรับรู้ได้ ส่วนกรดแลกติกที่ใช้นั้น เป็นกรดที่ไม่มีผลต่อกลิ่นในอาหาร (Smulders and Woolthuis, 1985) รวมทั้งเกลือซึ่งเป็นสารที่มีกลิ่นอ่อนจึงไม่มีผลต่อกลิ่นของน้ำพริกแกง

เมื่อเก็บครบ 7 วัน น้ำพริกแกงจะเริ่มเสีย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในข้อ 4.1 ซึ่งอายุการเก็บของน้ำพริกแกงเผ็ดที่สภาวะสุญญากาศ อยู่ที่ประมาณ 7 วัน สูตรที่ไม่ผ่านเกณฑ์การทดลองกลิ่นทางประสาทสัมผัส 2 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรควบคุมซึ่งไม่มีการปรับด้วยเฮอร์เดิล และสูตรที่ 11 เมื่อครบ14 วันมีสูตรที่เสียเพิ่มขึ้น ได้แก่สูตรที่ 3 และ 5 กระทั่งเสียเพิ่มเป็น 9 สูตรเมื่อครบ 21 วัน โดยสูตรที่พบว่าเสียนั้นจะแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ สูตรที่1-3 ซึ่งไม่เติมไคโตซาน ไม่ปรับค่า pH สูตรที่ 4-6 ซึ่งไม่เติมไคโตซาน ปรับ pH เป็น 0.47 และสูตรที่ 10-12 ซึ่งเติมไคโตซาน 0.05 % ไม่ปรับ pH โดยสูตรที่เหลือจะตรวจพบการเสียตลอด 3 เดือนของการเก็บ โดยรายละเอียดการแปรของแต่ละสูตรจะเป็นไปดังตาราง ฉ.1

ปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 อุณหภูมิการบ่ม ตลอดการเก็บจะมีสิ่งที่คล้ายกันคือ ช่วง 1 เดือนหลังจากการเก็บ ปริมาณแบคทีเรียจะเริ่มคงที่ โดยสำหรับ 9 สูตรที่ตรวจพบการเสียดังรูปที่ 4.26-4.27 และ 4.29-4.30 จะมีลักษณะคล้ายกันคือ แบคทีเรียจะเพิ่มถึงระดับหนึ่งในช่วงต้น แล้วจะเริ่มคงที่ ในขณะที่สูตรที่ไม่พบการเสียตลอดอายุการเก็บซึ่งแบ่งได้เป็น 6 กลุ่ม จะมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดต่างกัน โดยสูตรที่มีการเติมไคโตซาน 0.1 % ร่วมกับปรับ pH ถึงระดับ 4.2 ซึ่งเป็นการแปรระดับมากที่สุดของการทดลองนี้ จะลดปริมาณแบคทีเรียได้มากที่สุด และยังพบว่าการแปรปริมาณไคโตซาน โดยไม่แปร pH ต้องใช้ระดับ 0.1 % จึงยับยั้งแบคทีเรียได้ หากแปร pH โดยไม่เติมไคโตซาน ต้องแปร pH ถึง 4.2 จึงยับยั้งได้ แต่หากใช้ร่วมกัน 2 ปัจจัย ก็ใช้ไคโตซานเพียง 0.05 % ร่วมกับแปร pH ที่ 4.7 ก็ยับยั้งได้แล้ว ซึ่งเป็นข้อดีของการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล

ช่วงหลังการเก็บ 1 เดือน ปริมาณของแบคทีเรียที่บ่มทั้ง 2 อุณหภูมิ จะค่อนข้างคงที่ การตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่า แบคทีเรียมีการสร้างสปอร์โดยอยู่ตำแหน่งตรงกลางเซลล์ ซึ่งเมื่อแบคทีเรียอยู่ในระยะสปอร์แล้วจะไม่มีการทวีจำนวน มีความทนทานของสภาวะที่ไม่เหมาะสมได้ดีมาก ความเป็นกรดที่จะทำลายสปอร์ของแบคทีเรียได้ต้องเป็นกรดแก่ที่มีความเข้มข้นสูง

เท่านั้น (Holt, 1994) ดังนั้นกรดอ่อนที่อยู่ในน้ำพริกแกงจึงไม่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียอีกต่อไป และการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมในเซลล์จะน้อยมาก โดยการสร้างสปอร์จะสร้างได้ดีในที่มีอากาศ (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2539) ดังนั้นการบรรจุสุญญากาศ แบคทีเรียจะสร้างสปอร์ได้ช้าจึงเป็นสาเหตุให้ระหว่างที่กำลังสร้างสปอร์อย่างเชื่องช้านั้น vegetative cell จะถูกทำลายไปได้มาก ปริมาณแบคทีเรียจึงลดลง เป็นข้อดีอย่างหนึ่งของการบรรจุ แบบสุญญากาศซึ่งจัดเป็นอีก 1 เฮอร์เดิล ส่งผลทำให้ปริมาณแบคทีเรียลดลงตามระดับ เฮอร์เดิลที่เพิ่มขึ้น

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรีย กับคะแนนการประเมินด้านกลิ่นในการทดลองนี้ สามารถบ่งชี้ได้ว่าการเสียที่เกิดขึ้นในน้ำพริกแกงสภาวะที่เก็บนี้ เกิดเนื่องจากแบคทีเรียเป็นหลัก สังเกตได้จากสูตรที่มีปริมาณแบคทีเรียเพิ่ม จะเสียภายใน 1 เดือน ขณะที่สูตรที่ปริมาณแบคทีเรียค่อนข้างคงที่หรือลดลง จะไม่เสียระหว่างการเก็บ ซึ่งหากปฏิกิริยาทางเคมีมีผลต่อการเสียร่วมด้วย สูตรที่มีปริมาณแบคทีเรียค่อนข้างคงที่หรือลดลง จะต้องพบการเสียระหว่างการเก็บ จึงอาจกล่าวได้ว่า ในการทดลองนี้แบคทีเรียจะสร้างกรด ซึ่งส่งผลต่อกลิ่นโดยตรง ในขณะที่ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดได้น้อยมากเนื่องจากการบรรจุแบบสุญญากาศด้วยถุงอลูมิเนียมเคลือบ ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซกับภายนอก ทั้งนี้สูตรที่มีการใช้ไคโตซาน 0.1 % ร่วมกับการปรับpH 4.7 จะยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุด ผลการประเมินกลิ่นทางประสาทสัมผัสจึงดีตามไปด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ที่ 37 องศาเซลเซียส ในน้ำพริกแกงเผ็ด

S.O.V	df	ค่า F ของน้ำพริกแกงเผ็ดที่เก็บวันที่													
		0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	90
Chitosan (A)	2	3.590	13.046*	19.945*	26.440*	5.837*	10.976*	13.285*	33.551*	21.186*	24.312*	12.679*	39.649*	30.328*	17.718*
pH (B)	2	2.003	35.991*	28.612*	3.283*	16.486*	16.250*	20.401*	7.704*	18.050*	12.979*	11.409*	27.018*	22.795*	17.933*
a_w (C)	2	4.398	0.753	1.419	2.896	2.039	3.644	0.411	0.582	1.769	3.121	0.641	2.270	3.740	1.749
(AXB)	4	2.838	23.537*	22.505*	19.822*	42.193*	25.082*	34.077*	29.362*	11.581*	15.109*	17.043*	31.812*	19.617*	14.260*
(AXC)	4	0.818	1.085	1.673	0.429	2.100	3.082	2.491	1.755	3.428	4.277	2.669	4.565	1.316	1.778
(BXC)	4	3.249	0.412	0.662	0.796	2.607	1.427	4.134	3.171	1.163	1.654	2.233	1.928	1.535	2.078
(AXBXC)	8	0.526	4.401	0.902	1.907	2.340	2.755	0.528	0.800	0.160	2.969	1.812	1.053	1.253	1.887

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ในน้ำพริกแกงเผ็ด

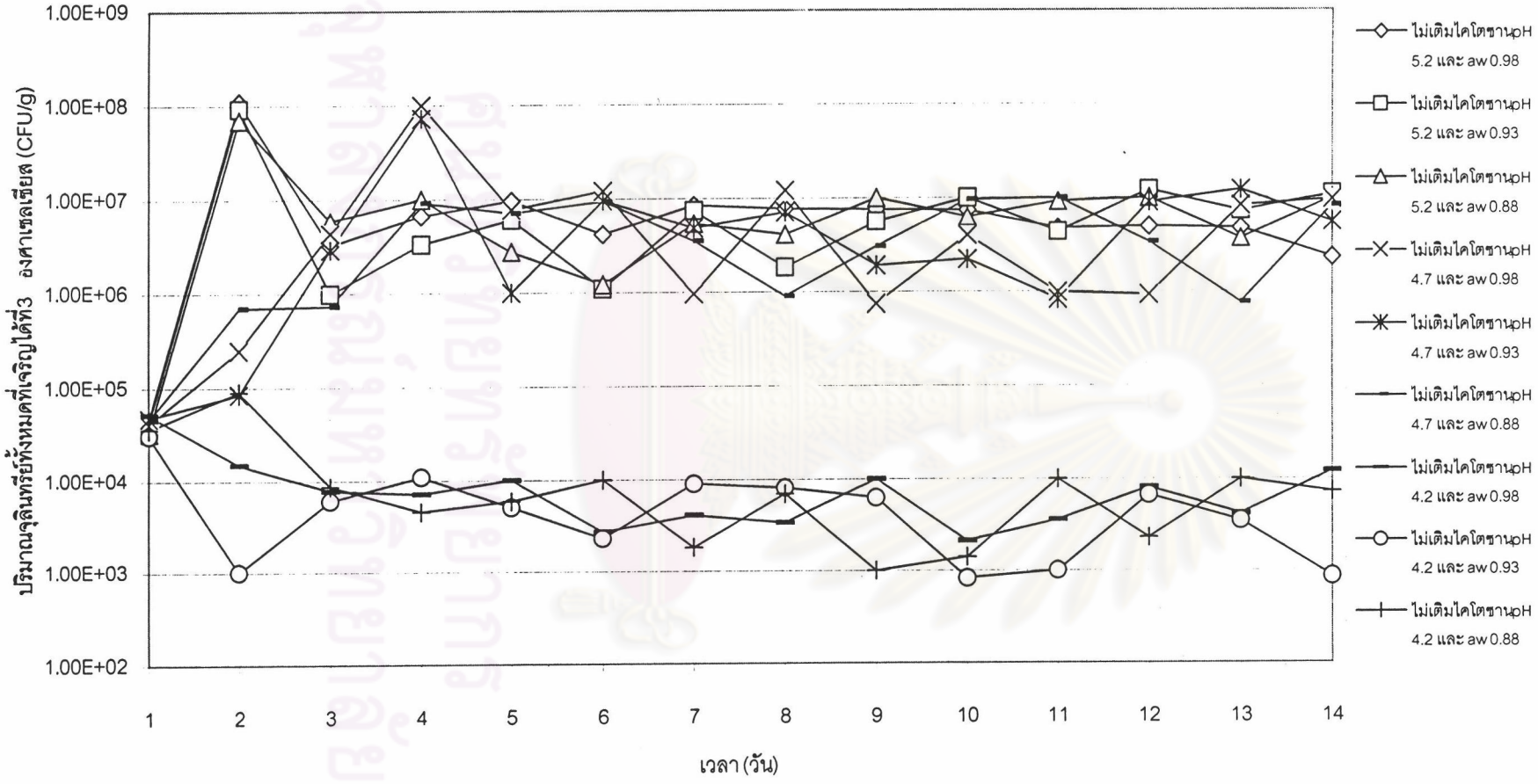
S.O.V	df	ค่า F ของน้ำพริกแกงเผ็ดที่เก็บวันที่													
		0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	90
Chitosan (A)	2	4.927	47.642*	14.016*	23.040*	9.056*	16.873*	26.675*	11.932*	23.739*	20.786*	8.229*	31.284*	10.950*	12.519*
pH (B)	2	3.567	24.110*	30.356*	21.668*	10.279*	21.176*	22.398*	20.788*	29.090*	17.053*	13.495*	28.388*	35.340*	20.048*
a_w (C)	2	5.015	0.726	3.422	3.228	3.190	1.947	0.749	1.843	2.260	3.953	3.137	2.785	3.333	1.899
(AXB)	4	1.802	13.728*	27.256*	24.941*	14.517*	19.822*	10.132*	7.051*	22.722*	25.531*	15.409*	11.643*	17.461*	18.491*
(AXC)	4	2.940	0.309	0.213	1.771	0.652	3.531	2.678	4.950	3.683	0.625	1.141	4.343	0.497	0.851
(BXC)	4	2.418	2.151	4.109	2.369	1.088	0.127	1.337	1.231	3.064	1.977	0.543	0.785	3.068	1.366
(AXBXC)	8	0.490	0.281	0.302	2.829	0.581	0.664	0.415	3.270	1.794	0.857	0.425	0.564	1.980	2.504

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

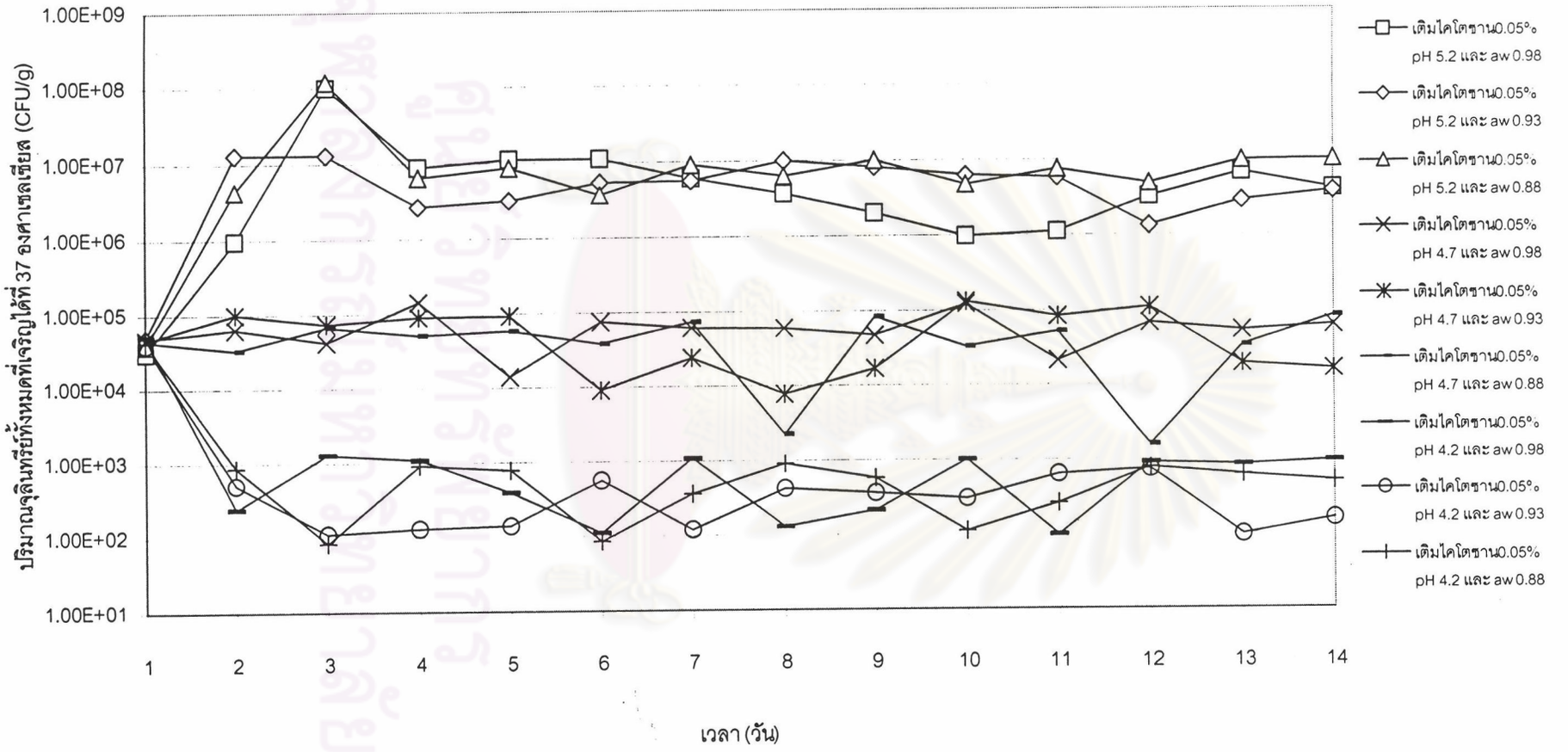
ตารางที่ 4.7 ปัจจัยที่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยค่ากลิ่นทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกงเผ็ด

S.O.V	df	ค่า F ของน้ำพริกแกงเผ็ดที่เก็บวันที่													
		0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	90
Chitosan (A)	2	0.760	10.151*	24.377*	16.141*	20.520*	7.485*	13.529*	16.110*	11.748*	39.763*	50.979*	12.687*	15.974*	26.175*
pH (B)	2	1.226	22.331*	19.142*	9.620*	31.046*	21.038*	9.506*	10.065*	17.261*	28.714*	20.267*	17.108*	21.528*	19.739*
a_w (C)	2	0.510	2.967	3.857	3.309	0.636	3.300	3.818	3.024	2.434	1.432	4.525	2.851	3.268	3.546
(AXB)	4	2.959	35.980*	23.465*	14.332*	18.230*	45.024*	30.005*	15.430*	26.193*	6.808*	29.461*	10.892*	42.923*	23.659*
(AXC)	4	4.431	1.263	3.724	0.028	2.119	2.008	0.881	3.026	2.790	2.250	1.807	1.492	1.530	4.694
(BXC)	4	1.349	1.572	2.178	4.414	1.617	2.338	0.613	1.199	3.702	3.152	0.901	3.453	1.340	0.443
(AXBXC)	8	2.872	1.105	2.769	0.997	3.947	4.376	0.101	1.778	0.540	3.198	4.517	1.083	1.223	2.997
Block	14	1.845	0.136	0.350	0.544	0.018	1.705	0.763	1.288	0.206	0.751	0.810	0.665	1.352	0.253

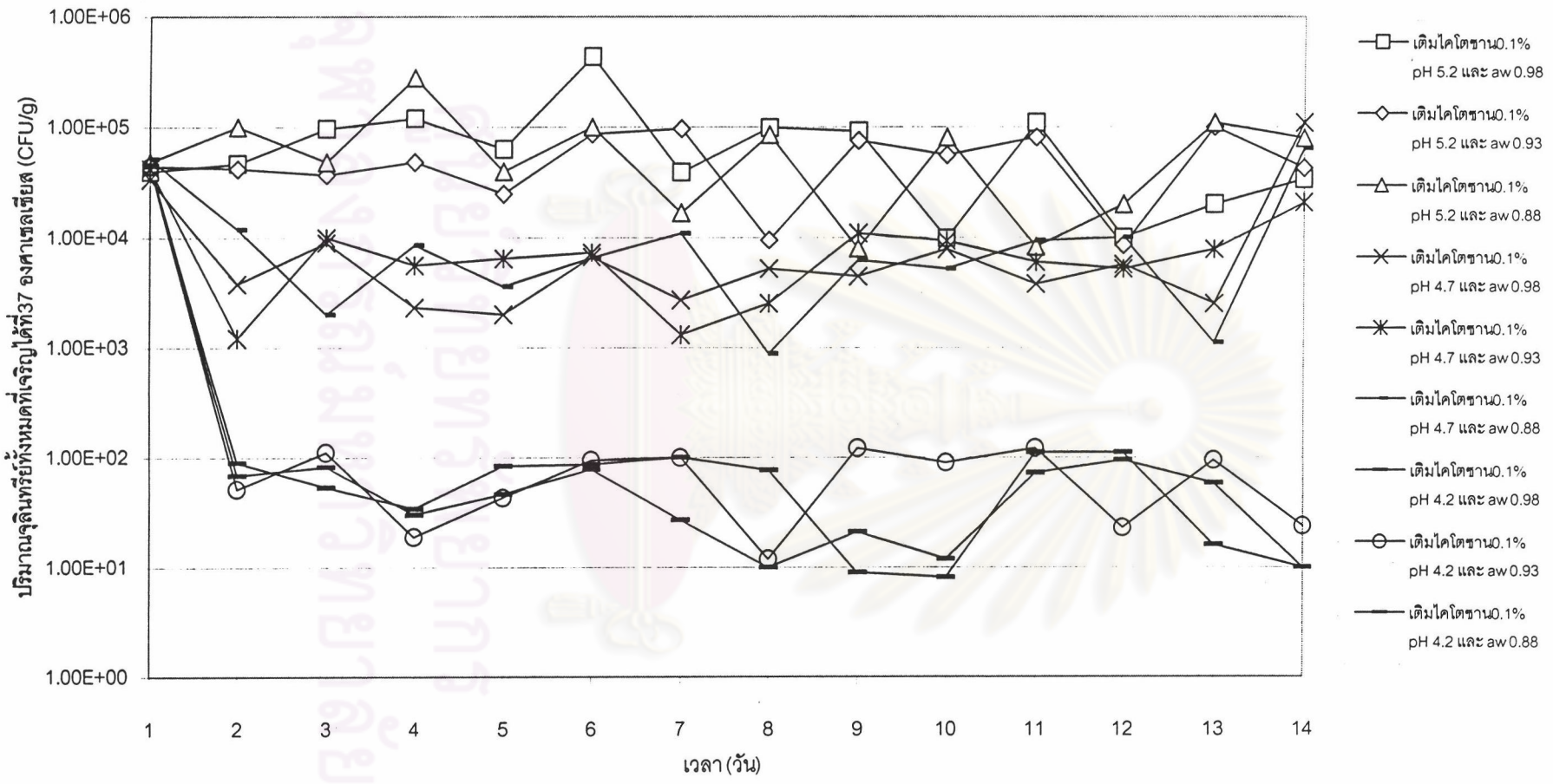
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



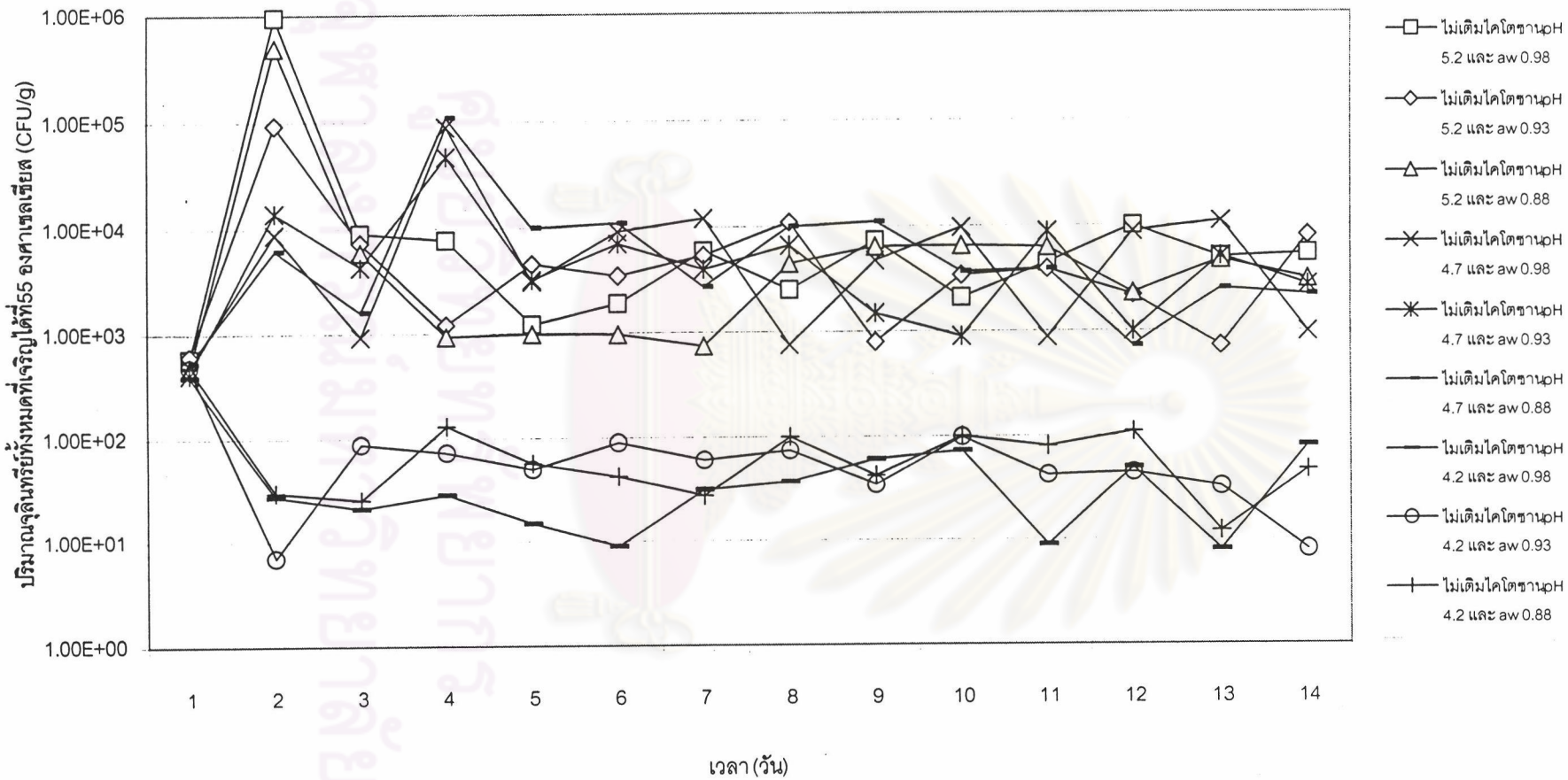
รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ที่ 37 องศาเซลเซียส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงเผ็ดสูตรที่ 1-9



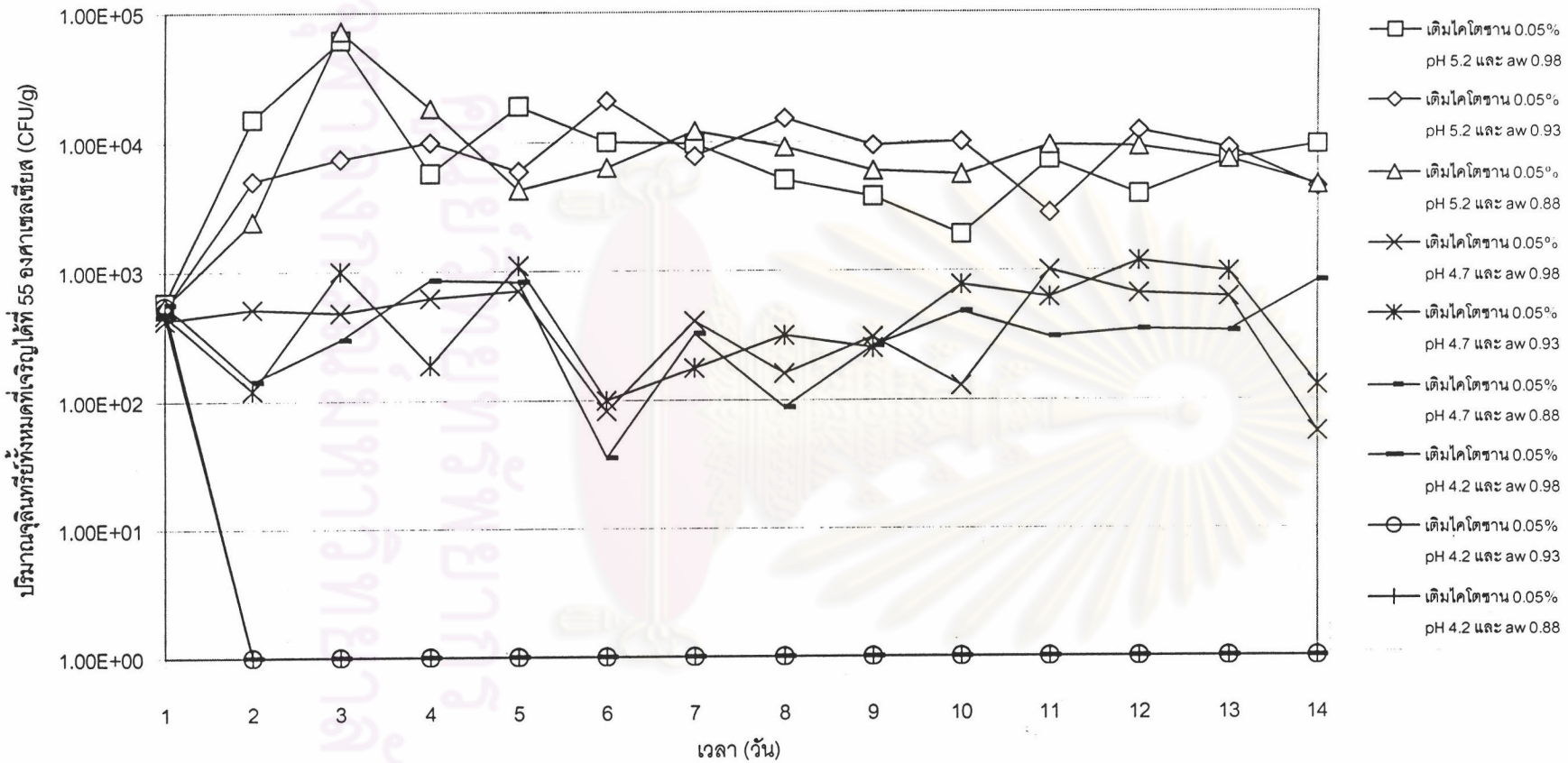
รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ที่ 37 องศาเซลเซียส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงเผ็ดสูตรที่ 10-18



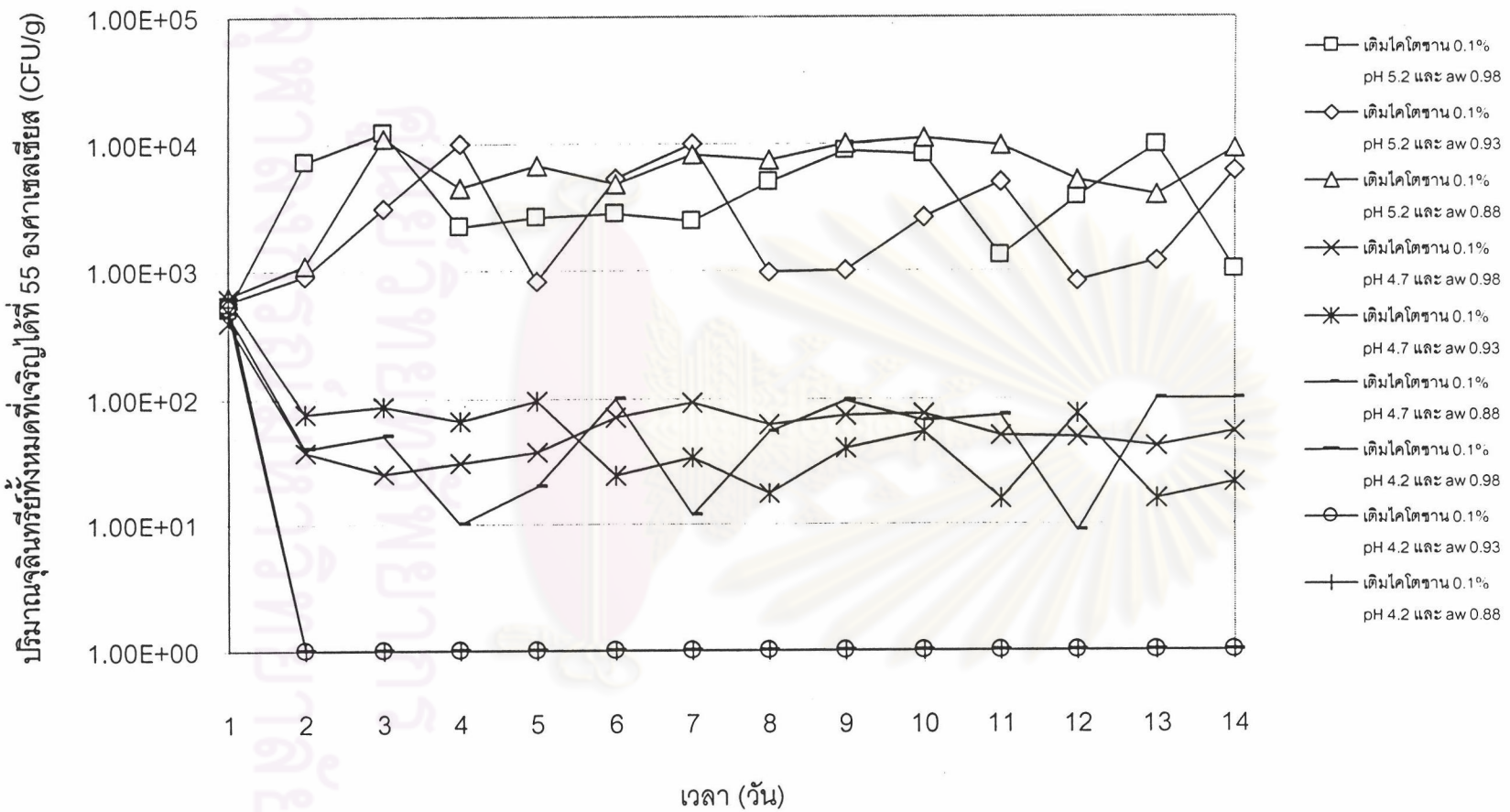
รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ที่ 37 องศาเซลเซียส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงเผ็ดสูตรที่ 19-27



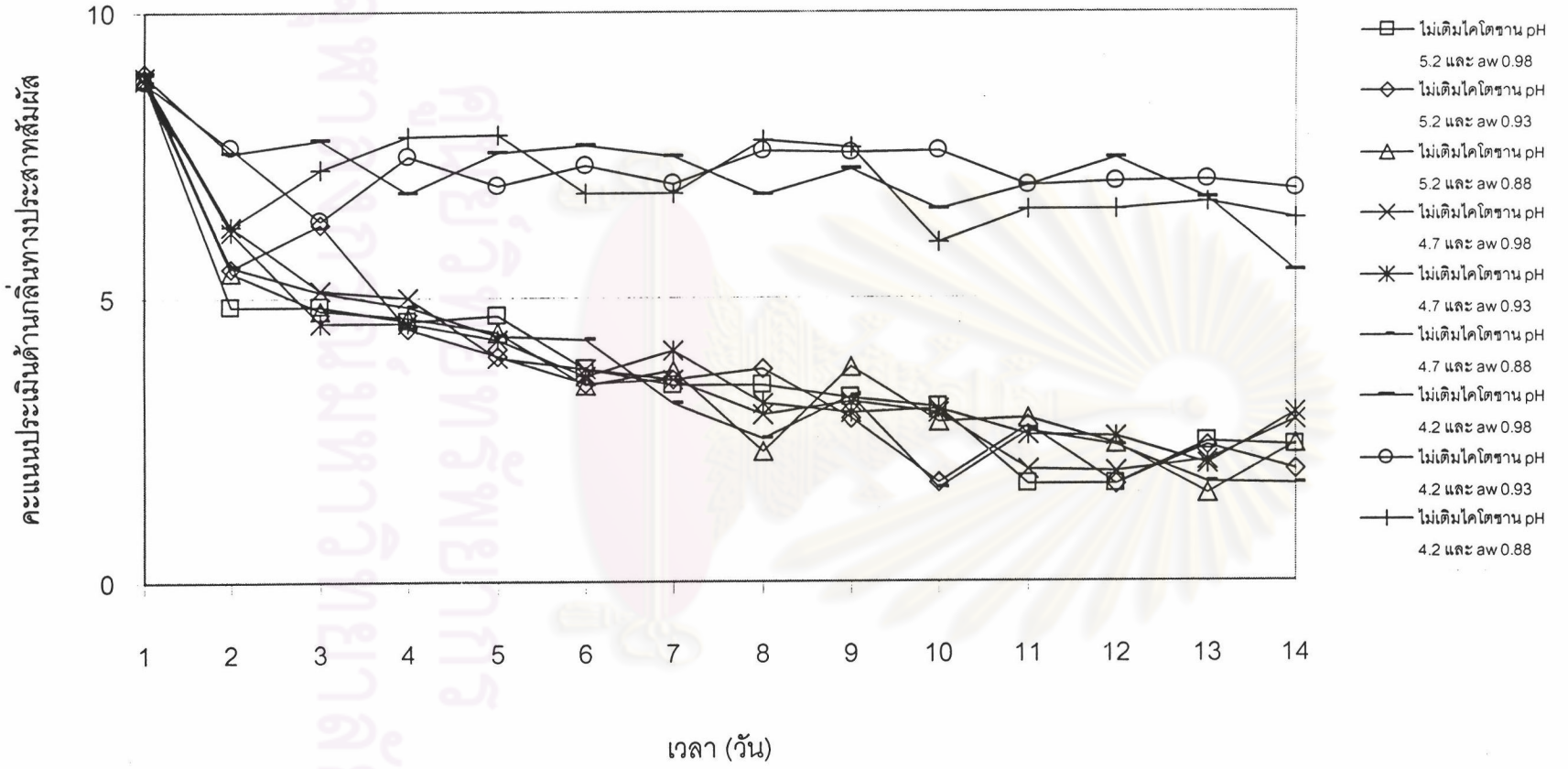
รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ที่ 55 องศาเซลเซียส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงเผ็ดสูตรที่ 1-9



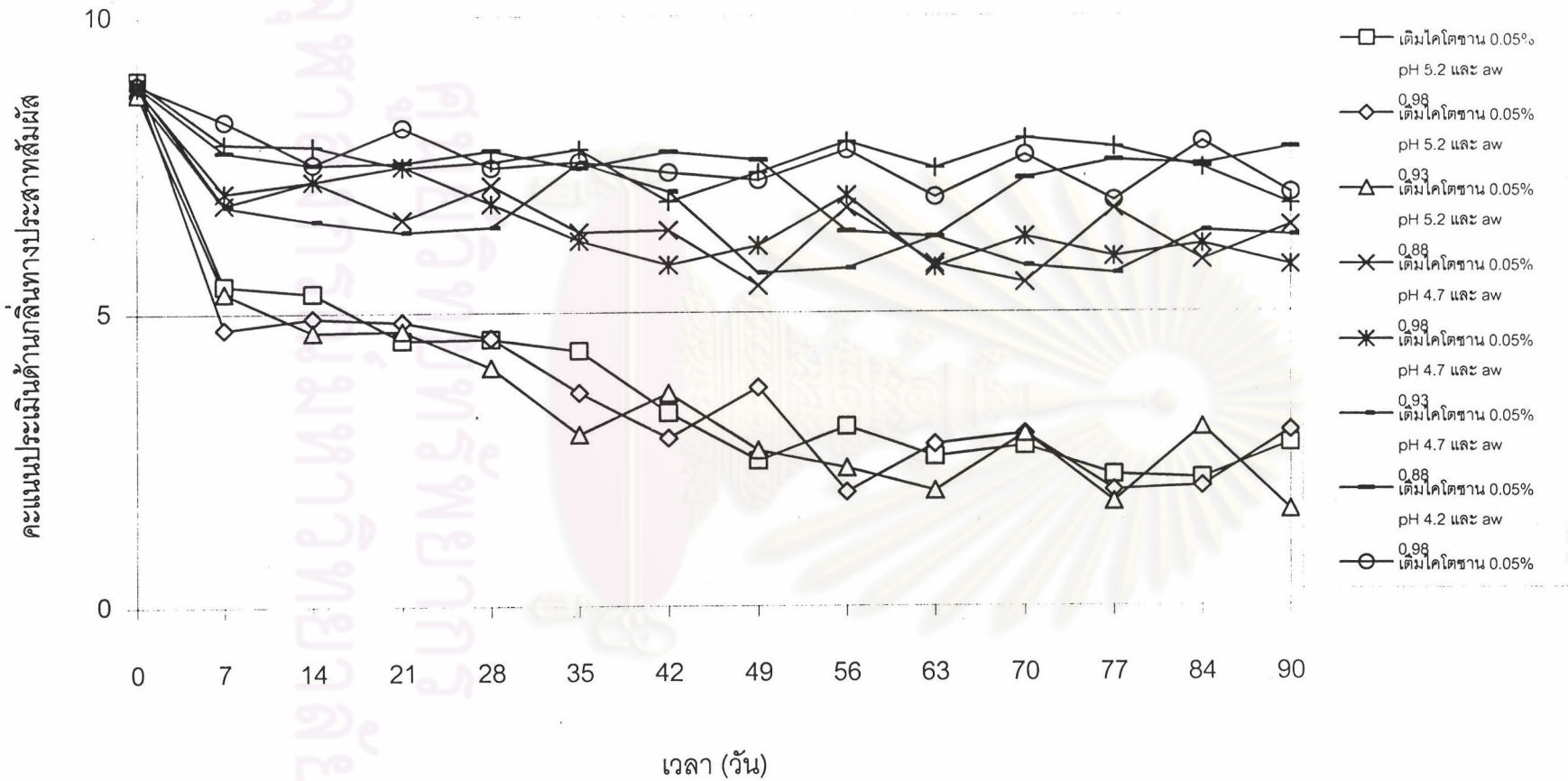
รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ที่ 55 องศาเซลเซียส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงเผ็ดสูตรที่ 10-18



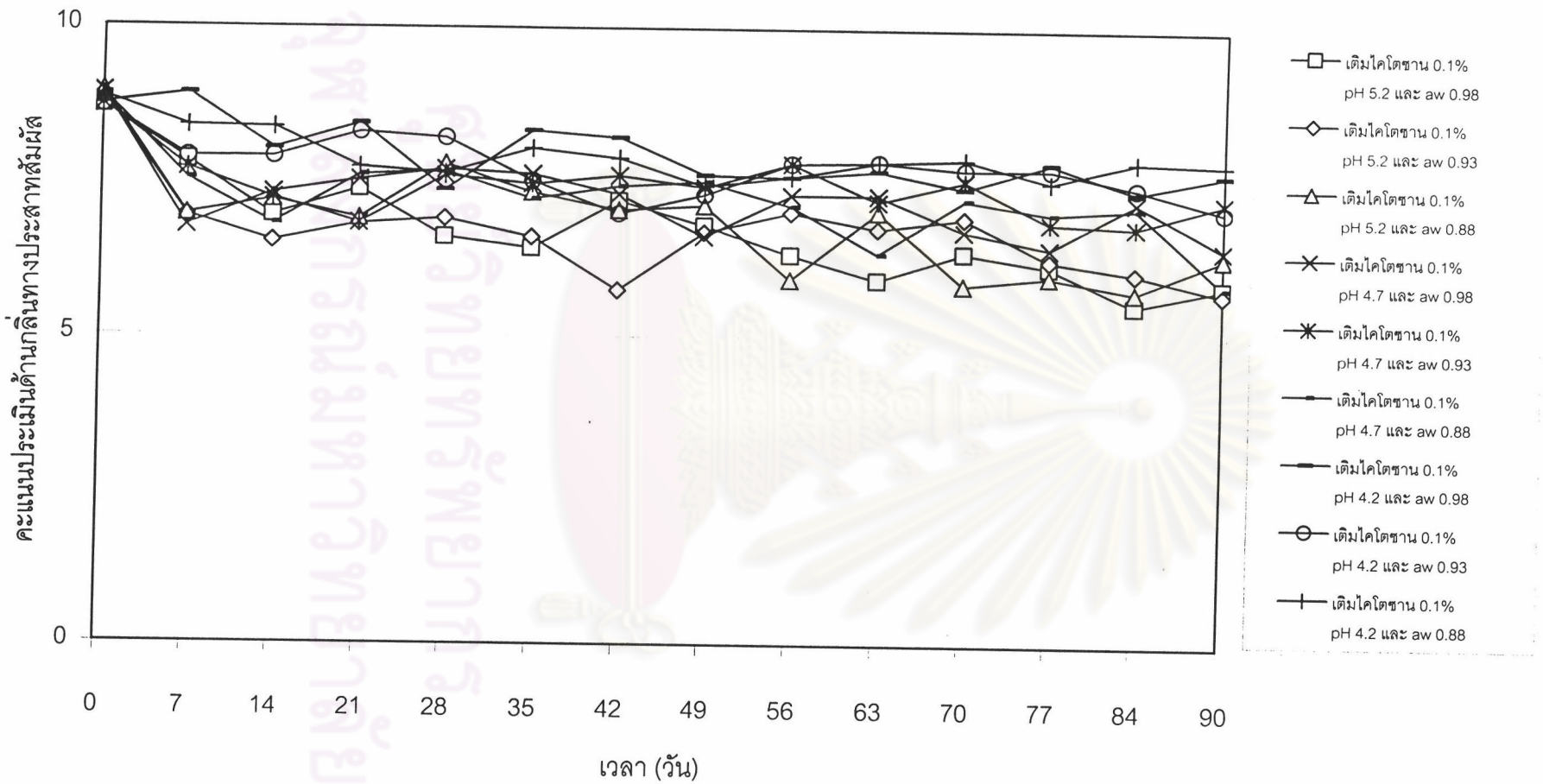
รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ที่ 55 องศาเซลเซียส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงเผ็ดสูตรที่ 19-27



รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงเผ็ดสูตรที่ 1-9



รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงเผ็ดสูตรที่ 10-18



รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงเผ็ดสูตรที่ 19-27

นอกจากนี้ เพื่อยืนยันว่าน้ำพริกแกงที่มีผ่านเกณฑ์การทดสอบกลิ่นทางประสาทสัมผัสนั้น สามารถนำมาปรุงเป็นแกงที่มีกลิ่นรสที่ยอมรับได้ โดยเกณฑ์ที่ใช้ก็เช่นเดียวกับการทดสอบกลิ่นทางประสาทสัมผัสนั่นคือ หากคะแนนต่ำกว่า 5 จาก 9 คะแนน ให้ถือว่ามีกลิ่นรสไม่เป็นที่ยอมรับ พบว่า ตลอดการวิจัย 3 เดือน แกงที่ได้จากการปรุงน้ำพริกแกงสูตรที่ผ่านเกณฑ์ทางกลิ่นนั้น จะผ่านเกณฑ์การทดสอบทางกลิ่นรสด้วย โดยปัจจัยการแปรค่าa_w มีผลต่อกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เพียงปัจจัยเดียว ดังตารางที่ 4.21 – 4.22 เนื่องจากสูตรที่ปรับ a_w จะมีเกลืออยู่มากจึงลดปริมาณน้ำปลาที่ใช้ในการปรุง เนื่องจากโดยปกติการปรุงอาหารประเภทแกงจะใช้น้ำปลาเป็นเครื่องปรุงรส ซึ่งน้ำปลากับเกลือจะให้กลิ่นรสที่ไม่เหมือนกันโดยน้ำปลานอกจากจะให้ความเค็มแล้ว จะให้กลิ่นเฉพาะตัวที่ได้จากการหมักโปรตีนจากปลา (Fennema, 1996) ในขณะที่เกลือจะให้ความเค็มที่มีผลต่อกลิ่นน้อย จึงทำให้สูตรที่ไม่แปรค่า a_w มีคะแนนประเมินด้านกลิ่นรสดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยในวันที่0 ของการทดลอง ปัจจัยปริมาณไคโตซาน และปัจจัย pH ไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แม้ว่าแต่ละสูตรที่ผ่านเกณฑ์การเสียตลอด 3 เดือน จะมีความแตกต่างกัน แต่เมื่อปรุงมาเป็นแกงจะพบว่า ปัจจัยปริมาณไคโตซาน pH และปัจจัยร่วมไคโตซานกับ pH ไม่มีผลต่อกลิ่นรส อาจสืบเนื่องมาจากการที่ปรุงเป็นแกงเป็นการทำให้น้ำพริกแกงเจือจาง ผู้ทดสอบจึงไม่สามารถแยกความแตกต่างได้

ตารางที่ 4.8 ปัจจัยที่มีผลต่อคะแนนประเมินด้านกลิ่นรสทางประสาทสัมผัส ของน้ำพริกแกงเผ็ด

S.O.V	df	ค่า F ของน้ำพริกแกงเผ็ดที่เก็บวันที่		
		0	45	90
Chitosan (A)	2	0.808	2.973	2.439
pH (B)	2	2.122	1.635	0.500
a_w (C)	2	20.775*	18.398*	25.541*
(AXB)	4	3.860	3.552	1.923
(AXC)	4	1.002	0.220	2.786
(BXC)	4	2.571	3.191	1.146
(AXBXC)	8	0.474	2.018	3.449
Block	14	1.751	1.285	0.764

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

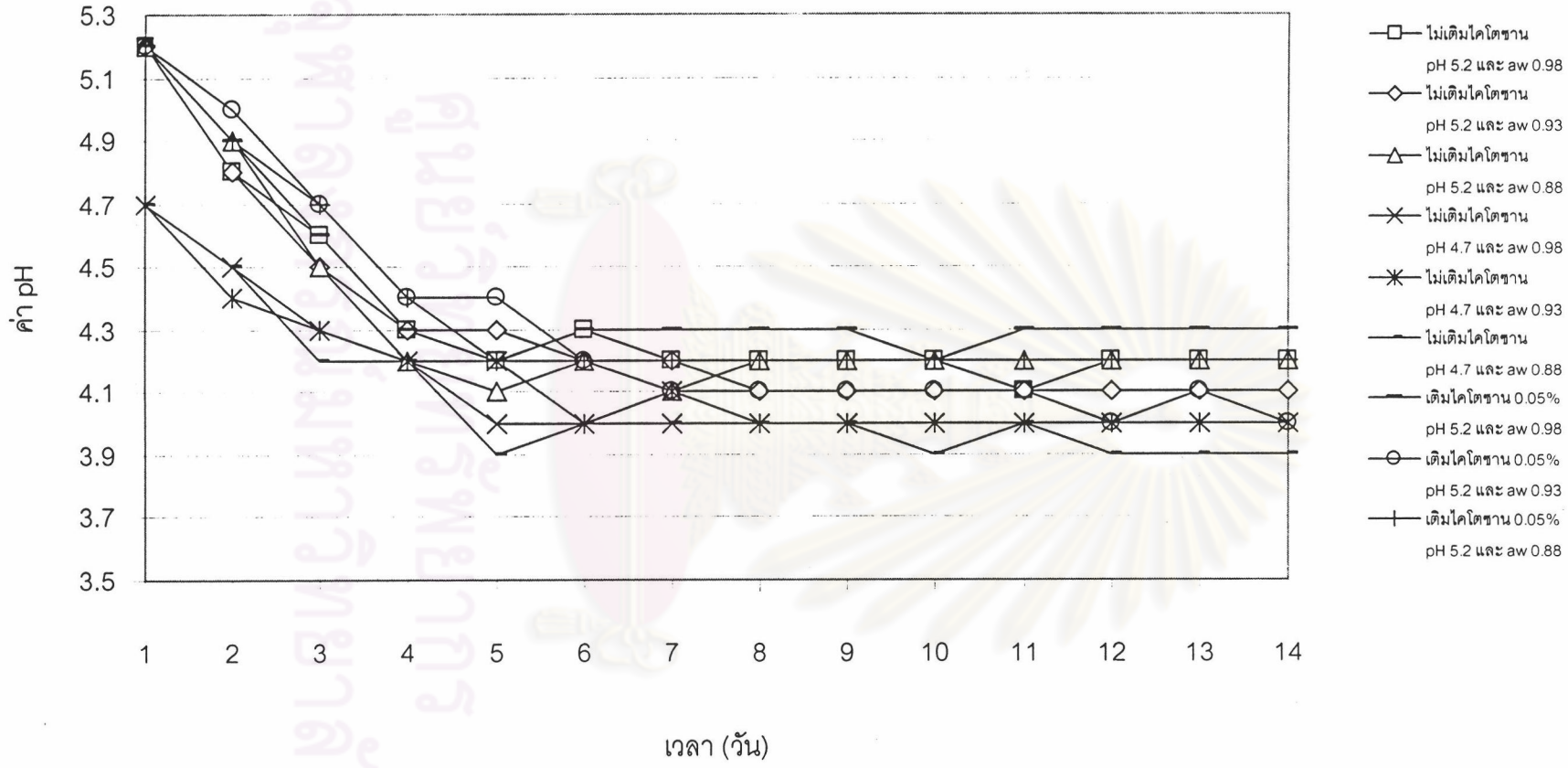
ตารางที่ 4.9 คะแนนประเมินด้านกลิ่นรสทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกงเผ็ด ที่แปรปริมาณไคโตซาน pH และ a_w ที่ระยะการเก็บวันที่ 0 45 และ 90 วัน

สูตร	ค่าเริ่มต้น			วันที่ 0	วันที่ 45	วันที่ 90
	C (%)	pH	aw			
1	0	5.2	0.98	8.91±0.13 ab	-	-
2	0	5.2	0.93	8.44±0.51 abcd	-	-
3	0	5.2	0.88	7.87±0.10 abcde	-	-
4	0	4.7	0.98	8.94±0.10 a	-	-
5	0	4.7	0.93	7.99±0.89 abcde	-	-
6	0	4.7	0.88	7.23±0.45 de	-	-
7	0	4.2	0.98	8.80±0.28 ab	8.24±0.61 a	7.85±0.64 a
8	0	4.2	0.93	7.54±0.86 abcde	7.75±0.50 bcd	7.07±0.33 b
9	0	4.2	0.88	7.09±1.05 de	7.29±0.73 bcd	6.31±0.37 b
10	0.05	5.2	0.98	8.87±0.18 ab	-	-
11	0.05	5.2	0.93	7.49±0.69 bcde	-	-
12	0.05	5.2	0.88	7.28±0.31 de	-	-
13	0.05	4.7	0.98	8.81±0.27 ab	7.97±0.54 ab	7.88±1.22 a
14	0.05	4.7	0.93	7.56±0.45 abcde	7.36±0.63 bcde	7.05±0.64 b
15	0.05	4.7	0.88	7.34±0.86 cde	6.86±0.21 bcde	6.67±0.95 b
16	0.05	4.2	0.98	8.87±0.31 ab	7.97±0.19 a	7.81±0.24 a
17	0.05	4.2	0.93	7.96±0.91 abcde	7.57±0.37 bcde	7.29±0.30 b
18	0.05	4.2	0.88	7.18±0.47 de	6.51±0.83 de	6.05±1.02 b
19	0.1	5.2	0.98	8.81±0.28 ab	8.13±0.52 a	7.75±1.77 a
20	0.1	5.2	0.93	8.12±0.50 abcde	7.29±0.67 bcde	7.18±0.46 ab
21	0.1	5.2	0.88	7.11±1.03 de	6.36±0.64 e	6.90±0.45 ab
22	0.1	4.7	0.98	8.72±0.38 abc	7.86±0.68 ab	7.96±1.29 a
23	0.1	4.7	0.93	8.51±0.69 abcd	7.75±0.35 bcd	6.03±1.11 b
24	0.1	4.7	0.88	7.32±0.37 cde	7.22±0.99 abcde	6.04±0.66 b
25	0.1	4.2	0.98	8.83±0.24 ab	8.12±0.62 a	7.77±0.45 a
26	0.1	4.2	0.93	7.93±0.91 abcde	7.05±1.04 bcde	7.59±0.35 b
27	0.1	4.2	0.88	6.90±0.56 e	4.96±3.59 cde	6.54±1.14 ab

- : ไม่ได้ทดลองเนื่องจากตัวอย่างเสียแล้ว

ผลการตรวจวัดค่า a_w และ pH ตลอดการทดลอง 3 เดือนนั้น พบว่า ระยะเวลาไม่มีผลให้ค่า a_w ของแต่ละสูตรแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เนื่องจากบรรจุภัณฑ์นั้นไม่ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความชื้นระหว่างน้ำพริกแกงกับสิ่งแวดล้อมภายนอก จึงทำให้ค่า a_w ไม่เปลี่ยนแปลงมาก แม้ในสูตรที่เสียในระหว่างการเก็บก็ไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากน้ำที่ได้จากการดำรงชีวิตของแบคทีเรียมีปริมาณน้อย ระดับโมเลกุลเท่านั้น (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2539) ดังตารางในภาคผนวก ฉ.2 แต่ในกรณีค่า pH นั้นแสดงดังตารางในภาคผนวก ฉ.3 โดยพบว่าสูตร 9 สูตรที่ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางกลิ่นเท่านั้น ที่มีความแตกต่างตามระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ดังรูปที่ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในช่วงเดือนแรกของการเก็บจะมีการเปลี่ยนแปลงของค่า pH อย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งผู้ทดสอบร่วมลงความเห็นว่า ได้กลิ่นหมักเปรี้ยวของกรดแปลกปลอมมาในสูตรที่เสียอย่างชัดเจน เนื่องจากกรดที่ได้จากการผลิตของ *Bacillus* sp. ได้แก่ กรดแลกติก กรดฟอร์มิก กรดอะซีติก (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540) จึงส่งผลให้ค่า pH ลดลงในช่วงเดือนแรกของการเก็บ ในช่วงถัดมาก็พบว่าเริ่มคงที่ เนื่องจากเมื่อแบคทีเรียเริ่มเข้าระยะสปอร์แล้วจะไม่มีการผลิตกรดออกมาอีก (Fields, 1979) ในขณะที่สูตรที่ผ่านเกณฑ์การประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัส ซึ่งมีปริมาณแบคทีเรียค่อนข้างคงที่ หรือลดลงจากวันที่ 0 นั้น ไม่พบความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และระยะเวลาของน้ำพริกแกงเผ็ดสูตรที่ pH มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเก็บ

ค่าสี L a b จากการวัด ตลอดการทดลอง 3 เดือนนั้นไม่พบความแตกต่างตามระยะเวลาการเก็บอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางภาคผนวก ฉ.4.1-ฉ.4.14 เนื่องจากสภาวะการบรรจุ แบบสุญญากาศ ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งมีออกซิเจนจำกัด และไม่มีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน สีจึงไม่เปลี่ยนแปลงไปมาก สอดคล้องกับการทดลองในการทดลอง 4.1 ซึ่งพบว่า ในสภาวะสุญญากาศนั้น น้ำพริกแกงเผ็ดไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี โดยน้ำพริกแกงจะเสียจากเกณฑ์คะแนนค่ากลิ่นเพียงอย่างเดียว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ที่ 37°C และ คะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัส ของน้ำพริกแกงส้ม ได้แก่ pH ไคโตซานและ ผลร่วมระหว่าง pH และไคโตซาน เช่นเดียวกับในน้ำพริกแกงเผ็ด เนื่องจากแบคทีเรียที่ชนิดที่พบมากที่สุด ตลอดการทดลองตรวจพบว่าเป็น *B. circulans* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดเดียวกันกับที่พบมากที่สุดในน้ำพริกแกงเผ็ดจึงให้ผลเหมือนกัน ดังตารางที่ 4.10 ทั้งนี้การแปรปริมาณไคโตซานเท่ากัน แต่แปรค่า pH จากเดิม 5.0 เป็น 5.0 4.5 4.0 แปรค่า a_w จากเดิม 0.96 เป็น 0.96 0.91 0.86 โดยค่าแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ที่ 37°C ได้แสดงในตารางภาคผนวก ฉ ซึ่งพบว่าสูตรที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัสระหว่างการทดลองนั้น เป็นสูตรที่มีลักษณะการแปรเช่นเดียวกันกับน้ำพริกแกงเผ็ด คือ 9 สูตรซึ่งประกอบด้วย สูตรที่ไม่ใช้ไคโตซาน ไม่ปรับ pH สูตรที่ไม่ใช้ไคโตซาน แปร pH เป็น 4.5 และสูตรที่ใช้ไคโตซาน 0.05% ไม่ปรับ pH ซึ่งสูตรเหล่านี้ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญที่ 37°C ได้ จึงเป็นเหตุให้ผลคะแนนการประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัส มีปัจจัยที่ส่งผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.11 โดยสัปดาห์ที่ 0 และ 1 ยังไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากคะแนนการประเมินของแต่ละสูตรยังมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อครบ 2 สัปดาห์ เริ่มตรวจพบการเสียเกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง 4.1 ที่น้ำพริกแกงส้มในสภาวะสุญญากาศจะเริ่มเสียวันที่ 10 ซึ่งอยู่ระหว่างสัปดาห์ที่1 และ 2 ช่วงคะแนนการประเมินจึงกว้างขึ้น ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกัน สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อการประเมินกลิ่นทางประสาทสัมผัส คือ pH ไคโตซานและ ผลร่วมระหว่าง pH และไคโตซาน และสูตรที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุดของการทดลองนี้คือสูตรที่ใช้ไคโตซาน 0.1% และแปร pH ให้เป็น 4.0 เนื่องจากสภาวะการเก็บเหมือนกันกับน้ำพริกแกงเผ็ด และมีแบคทีเรียชนิดเดียวกัน ปัจจัยที่ส่งผลจึงเช่นเดียวกับน้ำพริกแกงเผ็ด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ที่ 37°C ในน้ำพริกแกงส้ม

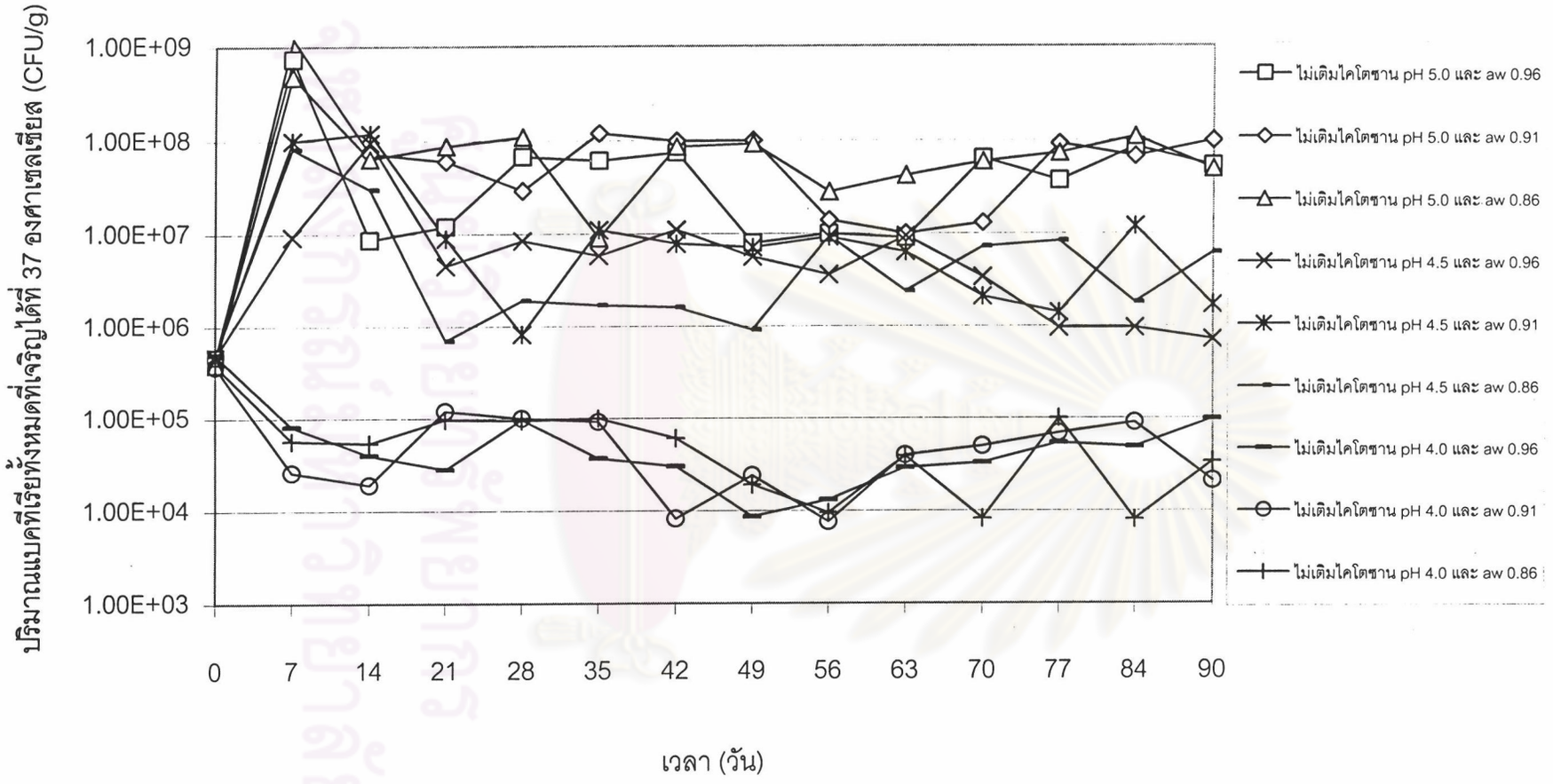
S.O.V	df	ค่า F ของน้ำพริกแกงส้มที่เก็บวันที่													
		0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	90
Chitosan (A)	2	0.899	14.979*	20.160*	13.738*	12.668*	20.174*	25.115*	10.378*	11.710*	17.337*	22.943*	11.021*	28.545*	15.832*
pH (B)	2	1.561	27.837*	23.407*	16.209*	9.915*	16.518*	31.991*	8.882*	17.623*	14.410*	18.575*	19.096*	7.283*	15.353*
a_w (C)	2	1.765	1.698	4.177	1.161	2.314	2.059	3.421	1.993	1.400	4.082	0.473	4.744	2.307	4.884
(AXB)	4	0.186	10.906*	34.690*	29.376*	12.056*	8.220*	24.151*	19.264*	10.848*	21.020*	9.443*	33.424*	26.524*	13.960*
(AXC)	4	0.171	2.837	2.468	2.551	2.620	4.057	4.273	0.307	0.813	0.012	2.039	3.498	2.662	3.597
(BXC)	4	1.279	3.342	0.000	2.518	0.222	1.080	0.002	1.060	0.261	0.941	1.425	2.445	2.780	0.256
(AXBXC)	8	4.764	2.202	2.598	0.159	0.021	1.633	1.695	1.035	2.256	0.903	1.134	2.185	2.648	0.340

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

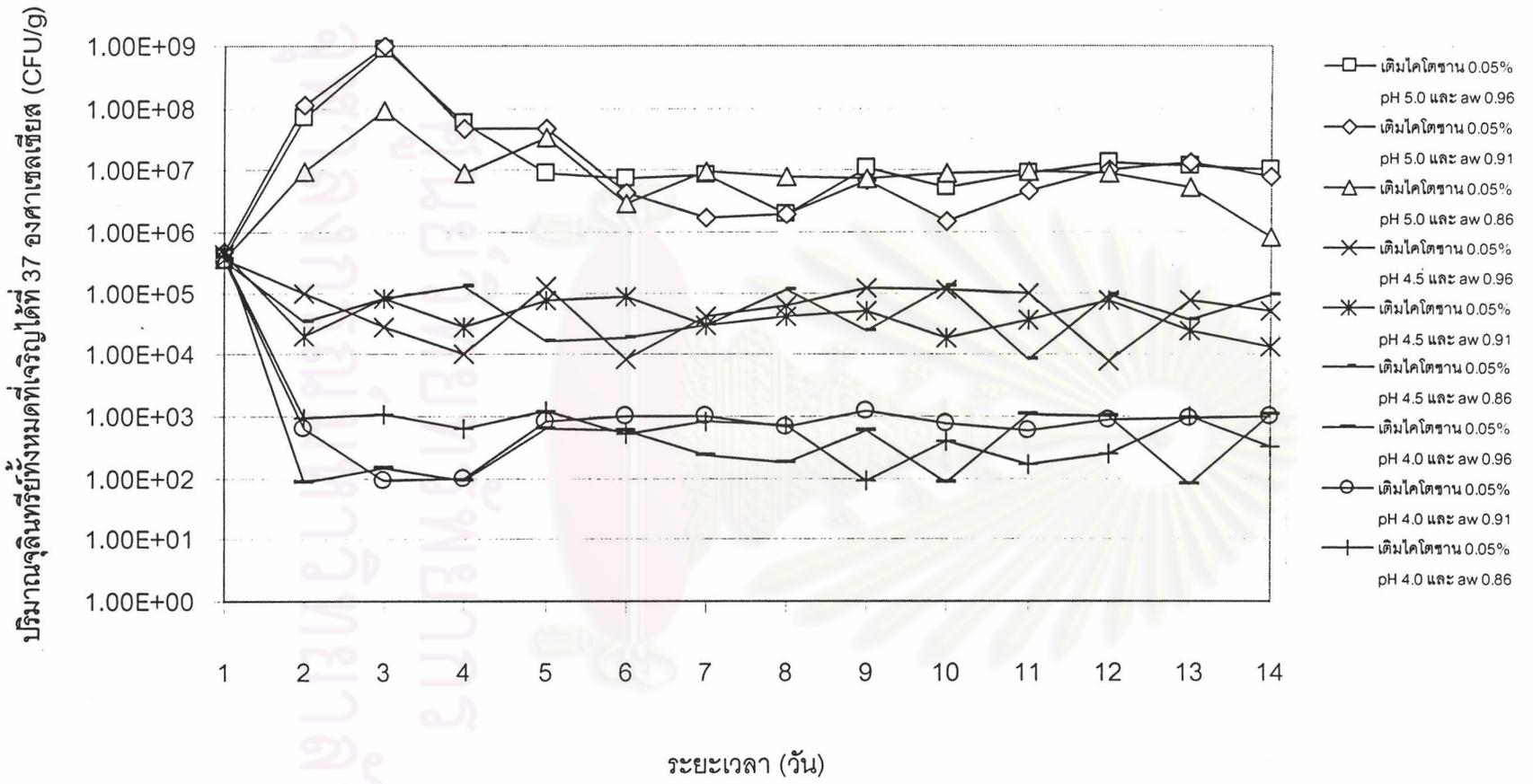
ตารางที่ 4.11 ปัจจัยที่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยค่ากลิ่นทางประสาทสัมผัส ในน้ำพริกแกงส้ม

S.O.V	df	ค่า F ของน้ำพริกแกงส้มที่เก็บวันที่													
		0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	90
Chitosan (A)	2	3.297	4.676	23.178*	14.306*	28.181*	12.790*	22.380*	16.952*	26.260*	29.353*	17.822*	16.034*	19.424*	21.331*
pH (B)	2	4.021	1.087	10.706*	18.839*	15.579*	15.579*	10.014*	11.182*	9.708*	20.927*	25.201*	13.445*	19.428*	27.349*
a_w (C)	2	2.938	3.151	1.290	3.030	2.440	2.440	3.592	3.793	2.268	2.761	3.297	3.523	3.314	2.886
(AXB)	4	3.963	3.467	7.609*	10.566*	15.075*	15.075*	24.758*	9.499*	12.760*	17.624*	7.539*	11.615*	7.954*	8.330*
(AXC)	4	3.367	0.174	0.305	3.604	1.988	1.988	0.289	0.030	1.843	1.475	0.360	1.031	2.676	1.564
(BXC)	4	1.509	0.679	2.522	1.880	0.920	0.920	0.701	0.211	2.429	3.807	0.236	2.375	3.849	1.267
(AXBXC)	8	1.348	2.124	0.915	3.784	1.635	1.635	0.027	2.711	0.689	2.534	0.826	3.041	1.653	0.472
Block	14	0.917	1.886	0.350	1.356	0.648	0.648	2.022	0.100	1.125	1.425	0.536	1.270	1.695	0.851

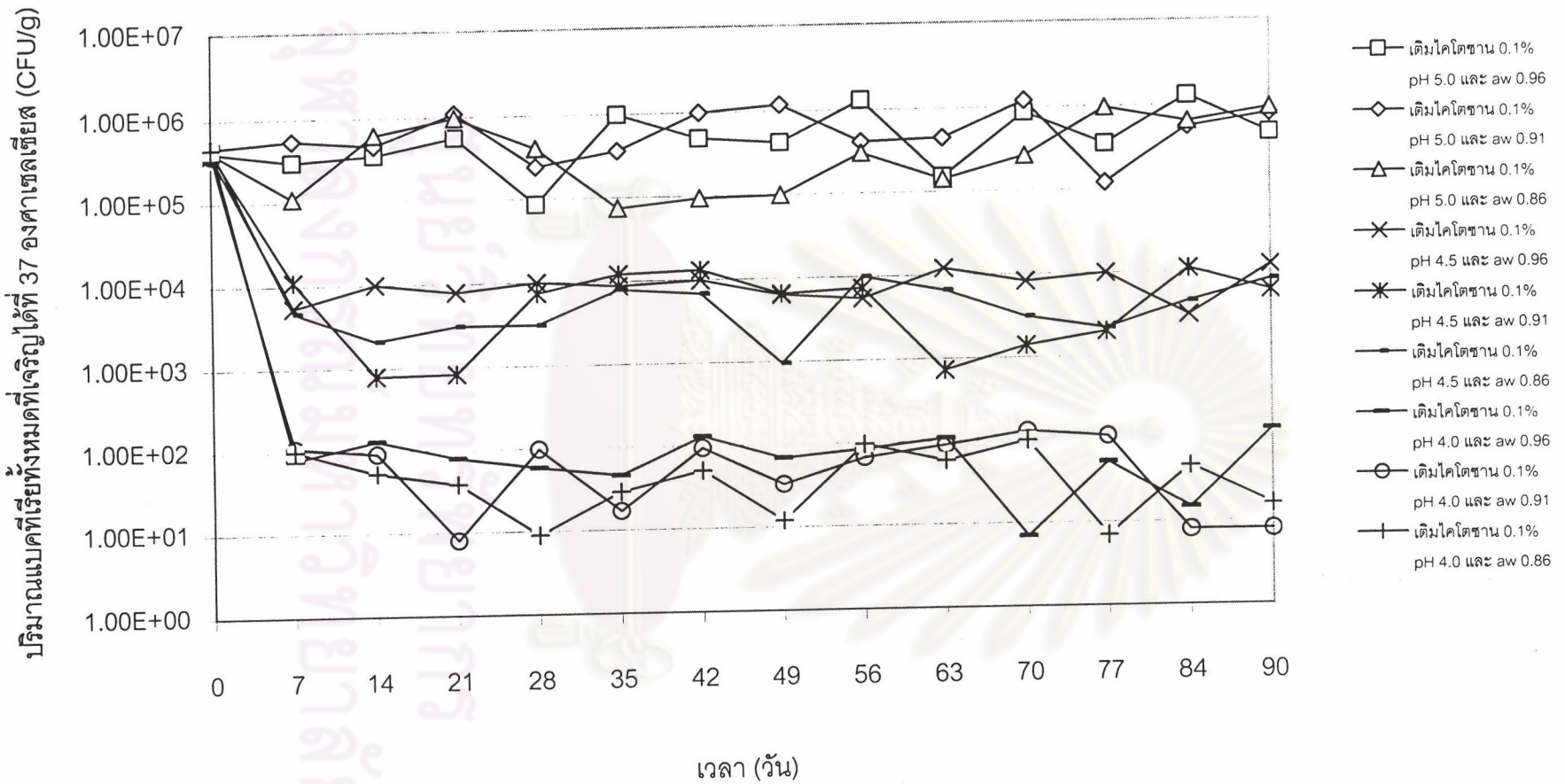
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



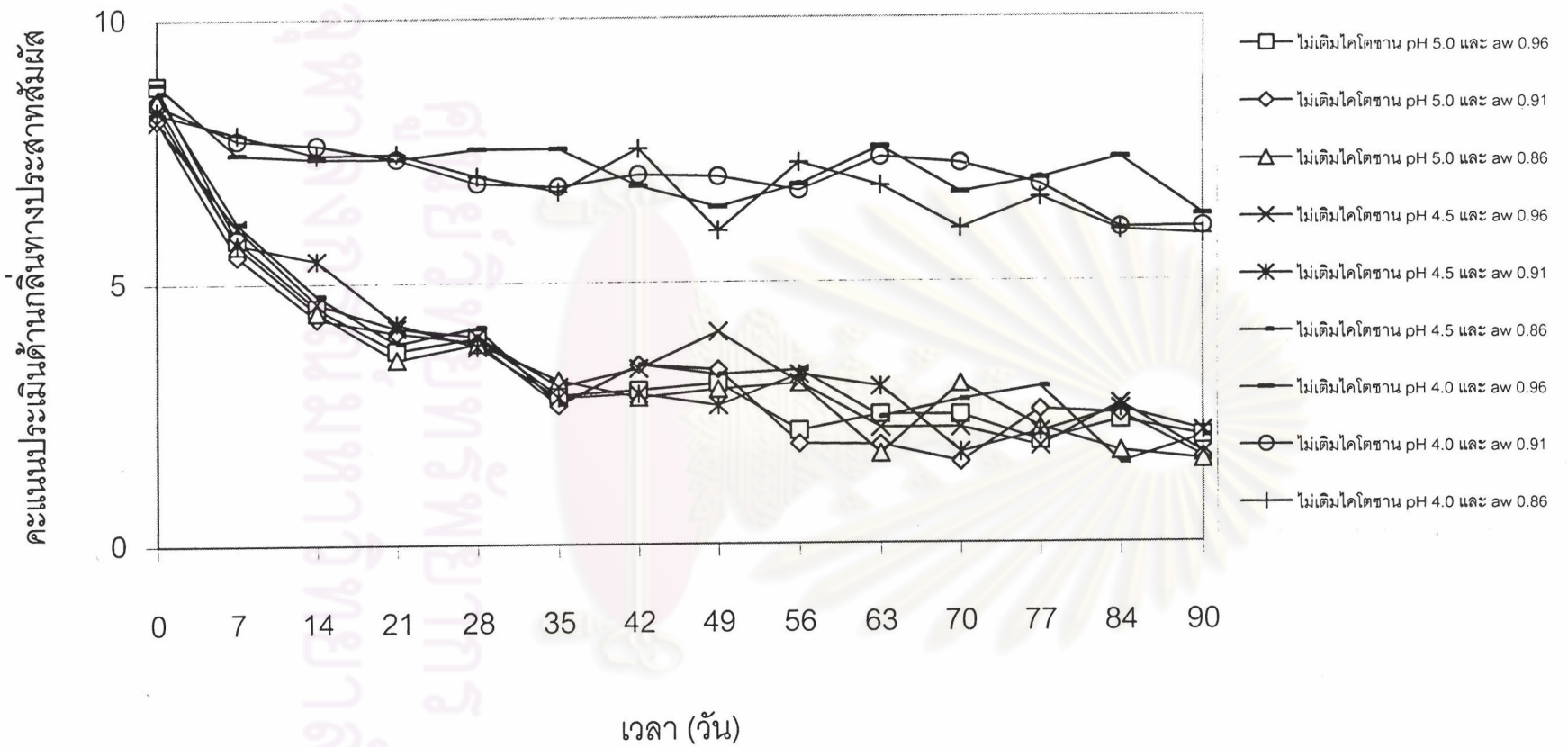
รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ที่ 37 องศาเซลเซียส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงส้มสูตรที่ 1-9



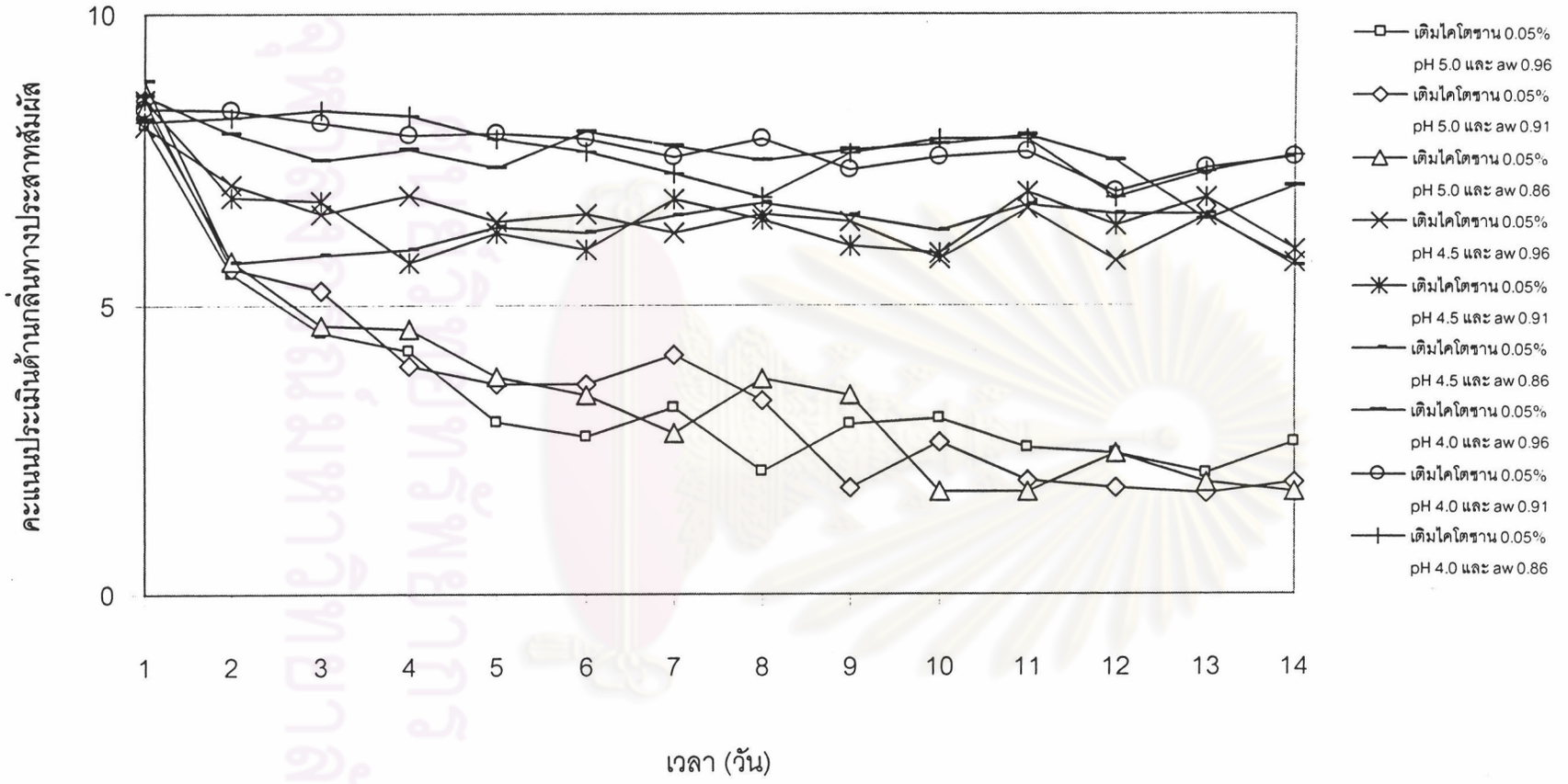
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ที่ 37 องศาเซลเซียส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงส้มสูตรที่ 10-18



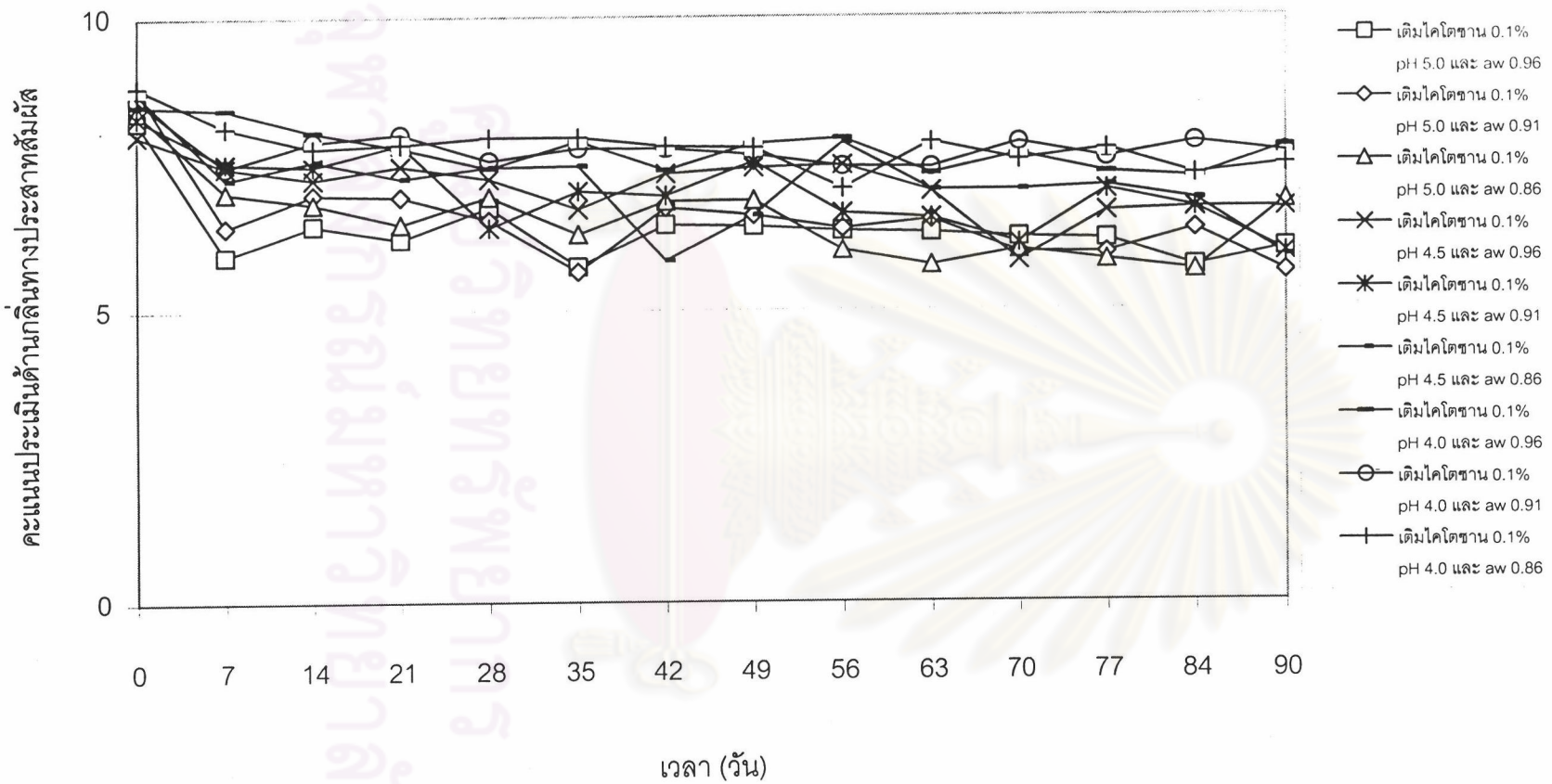
รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ที่ 37 องศาเซลเซียส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงส้มสูตรที่ 19-27



รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงส้มสูตรที่ 1-9



รูปที่ 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงส้มสูตรที่ 10-18



รูปที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนประเมินด้านกลิ่นทางประสาทสัมผัส กับระยะเวลาของน้ำพริกแกงส้มสูตรที่ 19-27

จากการทดสอบด้านกลิ่นรสทางประสาทสัมผัส ตลอดงานวิจัย เพื่อตรวจสอบว่าน้ำพริกแกงที่มีผ่านเกณฑ์การทดสอบกลิ่นทางประสาทสัมผัสนั้น สามารถนำมาปรุงเป็นแกงที่มีกลิ่นรสที่ยอมรับได้ โดยเกณฑ์ที่ใช้ก็เช่นเดียวกับการทดสอบกลิ่นทางประสาทสัมผัสนั่นคือ หากต่ำกว่า 5 จาก 9 คะแนน จัดว่ามีกลิ่นรสไม่เป็นที่ยอมรับ พบว่า ตลอดการวิจัย 3 เดือน แกงที่ได้จากการปรุงน้ำพริกแกงส้มสูตรที่ผ่านเกณฑ์ทางกลิ่นนั้น จะผ่านเกณฑ์การทดสอบทางกลิ่นรสด้วย โดยปัจจัยการแปรค่า a_w มีผลต่อกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เพียงปัจจัยเดียว ดังตารางที่ 4.12 โดยผลที่ได้จะสอดคล้องกับการทดสอบในน้ำพริกแกงเผ็ด และมีรายละเอียดคะแนนประเมินด้านกลิ่นรสทางประสาทสัมผัสดังตารางที่ 4.13 ซึ่งพบว่าสูตรที่ไม่มีการปรับค่า a_w ด้วยเกลือให้คะแนนสูงที่สุดของการทดลองนี้

ตารางที่ 4.12 ปัจจัยที่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยค่ากลิ่นรสทางประสาทสัมผัส ของน้ำพริกแกงส้ม

S.O.V	df	วันที่		
		0	45	90
Chitosan (A)	2	3.736	3.331	1.859
pH (B)	2	1.311	1.578	0.366
a_w (C)	2	14.201*	23.630*	21.849*
(AXB)	4	2.278	2.857	0.637
(AXC)	4	0.198	3.986	3.642
(BXC)	4	4.127	0.040	3.002
(AXBXC)	8	2.622	3.205	0.909
Block	14	1.494	2.383	3.065

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

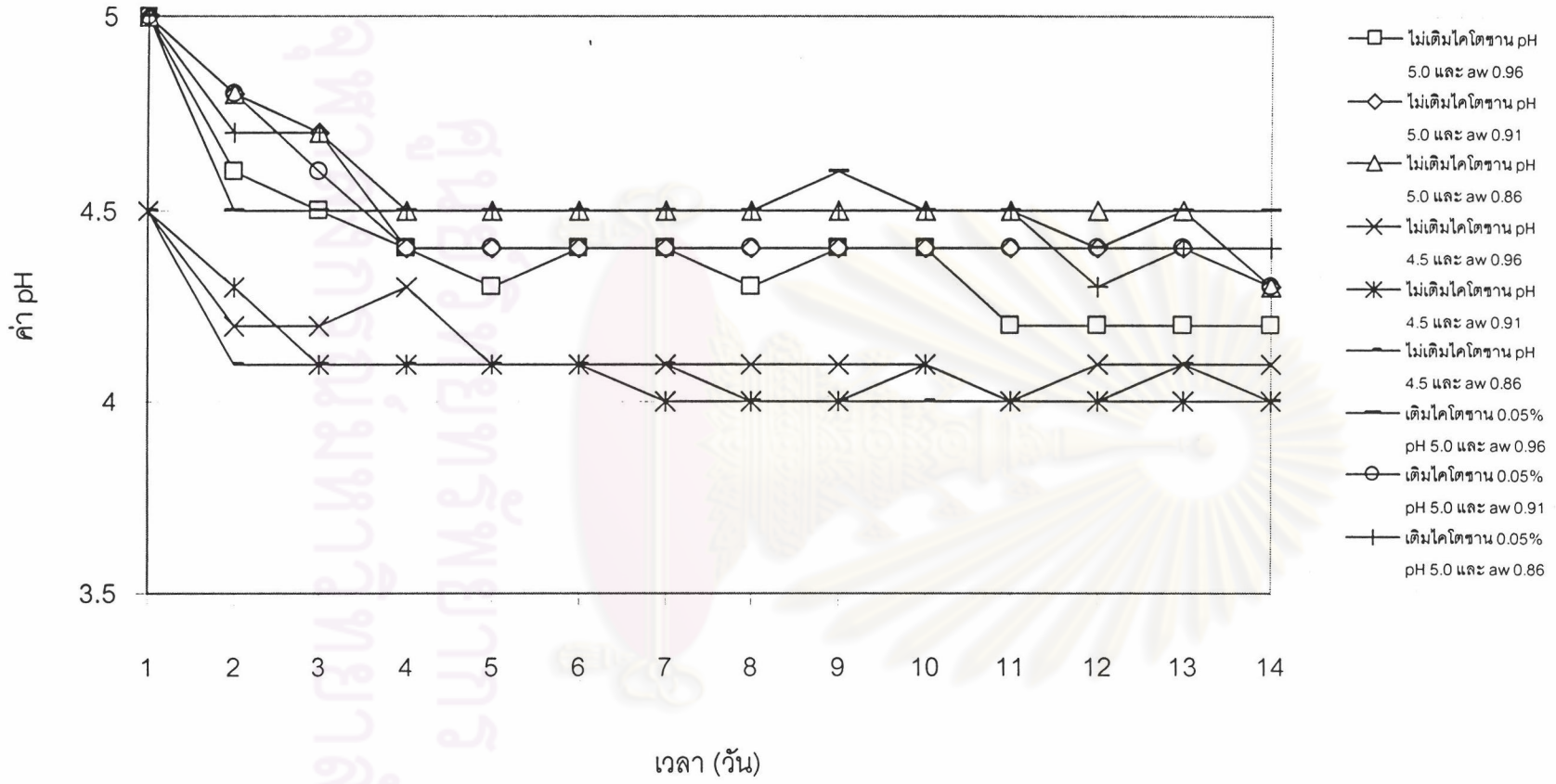
ตารางที่ 4.13 คะแนนประเมินด้านกลิ่นรสทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกงส้ม ที่แปรปริมาณไคโตซาน(C) pH และ a_w ที่ระยะการเก็บวันที่ 0 45 และ 90 วัน

สูตร	ค่าเริ่มต้น			วันที่ 0	วันที่ 45	วันที่ 90
	C (%)	pH	aw			
1	0	5.0	0.96	8.87±0.18 a	-	-
2	0	5.0	0.91	8.56±0.26 bcde	-	-
3	0	5.0	0.86	7.80±0.48 bcdefg	-	-
4	0	4.5	0.96	8.81±0.27 a	-	-
5	0	4.5	0.91	8.35±0.39 bcdefg	-	-
6	0	4.5	0.86	7.60±0.67 defg	-	-
7	0	4.0	0.96	8.77±0.33 ab	8.22±0.78 a	7.86±0.50 a
8	0	4.0	0.91	8.42±0.41 bcdef	7.60±0.52 bcd	7.18±0.34 b
9	0	4.0	0.86	7.68±0.57 bcdefg	6.74±0.91 cd	6.35±0.95 b
10	0.05	5.0	0.96	8.70±0.42 ab	-	-
11	0.05	5.0	0.91	8.34±0.10 bcdefg	-	-
12	0.05	5.0	0.86	7.47±0.86 efg	-	-
13	0.05	4.5	0.96	8.66±0.48 ab	8.31±0.78 a	7.80±1.10 a
14	0.05	4.5	0.91	8.08±0.34 bcdefg	7.22±0.88 bcd	7.01±0.83 b
15	0.05	4.5	0.86	7.42±0.60 fg	6.93±0.10 bcd	6.27±1.03 b
16	0.05	4.0	0.96	8.78±0.31 ab	8.32±0.46 a	7.16±0.24 a
17	0.05	4.0	0.91	8.13±0.61 bcdefg	7.71±0.28 bc	6.94±0.23 b
18	0.05	4.0	0.86	7.69±0.16 bcdefg	6.58±0.72 cd	6.11±1.28 b
19	0.1	5.0	0.96	8.59±0.58 abc	7.74±1.25 a	7.56±1.34 a
20	0.1	5.0	0.91	8.03±0.45 bcdefg	6.96±0.53 bcd	6.95±1.40 b
21	0.1	5.0	0.86	7.27±0.63 f	6.34±0.34 d	6.38±0.88 b
22	0.1	4.5	0.96	8.71±0.42 ab	8.11±0.57 a	7.42±0.95 a
23	0.1	4.5	0.91	8.23±0.40 cdefg	7.85±0.64 bc	7.09±0.93 b
24	0.1	4.5	0.86	7.65±0.49 cdefg	6.97±0.54 bcd	6.10±0.18 b
25	0.1	4.0	0.96	8.78±0.32 ab	7.56±0.86 a	7.81±0.37 a
26	0.1	4.0	0.91	8.45±0.15 cdef	7.26±0.76 bcd	7.27±0.61 b
27	0.1	4.0	0.86	7.98±0.68 cdefg	6.54±0.25 cd	6.39±0.56 b

- : ไม่ได้ทดลองเนื่องจากตัวอย่างเสียแล้ว

ผลการตรวจวัดค่า a_w และ pH ของน้ำพริกแกงส้ม ตลอดการทดลอง 3 เดือนนั้น พบว่า ทั้งค่า a_w และ pH มีลักษณะเหมือนผลการทดลองในน้ำพริกแกงเผ็ด คือ ค่า a_w ของแต่ละสูตรไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ตลอดการทดลอง ดังตารางภาคผนวก ฉ.6 แต่กรณีค่า pH ซึ่งพบว่า ระยะเวลามีผลให้ค่า pH ในสูตรที่เสียจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังรูปที่ 4.42 ในขณะที่สูตรที่เหลือจะไม่พบความแตกต่างของ pH อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีสาเหตุเดียวกันกับน้ำพริกแกงเผ็ด ดังตารางในภาคผนวก ฉ.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และระยะเวลาของน้ำพริกแกงส้มสูตรที่ pH มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเก็บ

ค่าสี L a b จากการวัด ตลอดการทดลอง 3 เดือนนั้นไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ ฉ.8.1-ฉ.8.14 เนื่องจากเป็นสภาวะไร้อากาศ จึงไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน กับรงควัตถุในน้ำพริกแกง สีจึงเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก เช่นเดียวกับในน้ำพริกแกงเผ็ด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย