

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ได้กรอกเปรี้ยวเพื่อหาลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ตามความคิดของผู้บริโภคโดยอาศัยวิธี Ideal ratio profile test พบว่าลักษณะสำคัญ ได้แก่ สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก รสเค็ม รสเปรี้ยว กลิ่นเปรี้ยว ความเหนียว และความฉ่ำน้ำ

2. ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้กรอกเปรี้ยวซึ่งกลิ่นกรองเบื้องต้น โดยวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design ที่ประกอบด้วย 12 สิ่งทดลอง พบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก ได้แก่ น้ำตาล เกลือ และเชื้อบรืสุทธิเริ่มต้น ส่วนปัจจัยรองซึ่งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าปัจจัยหลัก ได้แก่ กระเทียม พริกไทย ลูกผักชี โซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ ซึ่งมีปริมาณการใช้ที่เหมาะสมเท่ากับ ร้อยละ 10.00, 1.00, 1.00, 0.05 และ 0.0125 ของส่วนผสมหลัก ตามลำดับ และพบว่าการใช้เทคโนโลยีเชื้อบรืสุทธิเริ่มต้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีกว่าการผลิตแบบพื้นบ้านดั้งเดิม(ไม่ใช้เชื้อบรืสุทธิเริ่มต้น)ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติก สีของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการทำให้สุก รสเปรี้ยว กลิ่นเปรี้ยว และค่าสี a

3. การหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยหลัก ได้แก่ น้ำตาลและเกลือ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment in central composite design จากการทดลองสามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนี้

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	= $5.05999 - 0.85199(S) + 0.23644(S)^2$	$R^2 = 0.7110$
สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก	= $0.98577 - 0.22257(U) + 0.08190(S) + 0.06955(U)^2$	$R^2 = 0.8380$ $R^2 = 0.8480$
รสเค็ม	= $0.77294 + 0.10669(S)$	

เมื่อ : U คือ ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละ) และ S คือ ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)

จากสมการความสัมพันธ์ที่ได้สามารถสรุปการใช้น้ำตาลและเกลือที่เหมาะสมได้ คือ น้ำตาลร้อยละ 1.60 และเกลือร้อยละ 2.07

4. การศึกษาปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial experiment with 3 center points เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่ศึกษามี 3 ชนิด ได้แก่ *Micrococcus varians*, *Pediococcus cerevisiae* และ *Lactobacillus plantarum* จากการทดลองสามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่ใช้ต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

ค่าสี L	= $72.81300 - 5.11150(Mv) + 0.51100(Mv)^2$	$R^2 = 0.7790$
ค่าสี a	= $2.61700 + 3.14400(Mv) - 0.20100(Pc) - 0.24700(Mv)^2$	$R^2 = 0.8940$
ค่าสี b	= $18.11700 + 0.26150(Mv) - 0.37650(Pc)$	$R^2 = 0.7350$
สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก	= $-0.90400 + 0.64950(Mv) - 0.05600(Mv)^2$	$R^2 = 0.9040$
รสเปรี้ยว	= $1.33725 - 0.25200(Pc) + 0.07000(Lp) - 0.00656(Pc)(Lp) + 0.02725(Pc)^2$	$R^2 = 0.9870$
กลิ่นเปรี้ยว	= $0.14197 + 0.22251(Mv) + 0.01500(Pc) + 0.01625(Lp) - 0.01854(Mv)^2$	$R^2 = 0.8480$
ความฉ่ำน้ำ	= $1.10850 - 0.02375(Mv)$	$R^2 = 0.8110$

เมื่อ Mv คือ ปริมาณ *Micrococcus varians* (Log cfu/g)
Pc คือ ปริมาณ *Pediococcus cerevisiae* (Log cfu/g)
Lp คือ ปริมาณ *Lactobacillus plantarum* (Log cfu/g)

จากสมการความสัมพันธ์ที่ได้สามารถสรุปปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่เหมาะสมได้ ดังนี้คือ ปริมาณ *Micrococcus varians* เท่ากับ 6 Log cfu/g ปริมาณ *Pediococcus cerevisiae* เท่ากับ 6 Log cfu/g และปริมาณ *Lactobacillus plantarum* เท่ากับ 6 Log cfu/g

5. ศึกษาอัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ที่มีการผันแปรส่วนประกอบทั้งหมด 3 ชนิด และกำหนดให้ส่วนประกอบอื่น ๆ คงที่ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของเนื้อหมู มันแข็ง และ ข้าวเหนียว ขึ้นอยู่กับการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการทำให้สุก รสเค็ม รสเปรี้ยว กลิ่นเปรี้ยว ความเหนียว และความฉ่ำน้ำ เมื่อนำอัตราส่วนที่เหมาะสมของทุกลักษณะดังกล่าว มาหาค่าเฉลี่ย จะได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลักดังนี้

เนื้อหมู	ร้อยละ	46.84±1.43
มันแข็ง	ร้อยละ	23.60±1.17
ข้าวเหนียว	ร้อยละ	29.56±1.49

6. การศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว โดยทำการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการหมักผลิตภัณฑ์ 3 ระดับ ได้แก่ 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติหาความแปรปรวนหรือ Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least significant difference (LSD) พบว่า ระยะเวลากการหมักผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่เหมาะสมคือ 24 ชั่วโมง

7. การศึกษาปริมาณและวิธีการใช้สารเคมียีสต์อายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว สารเคมีที่ศึกษาคือ สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท โดยวางแผนการทดลองแบบ 2² Factorial experiment in central composite design ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและเวลาในการจุ่มผลิตภัณฑ์ ในการทดลองสามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและเวลาในการจุ่มผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณกรดซอร์บิกในผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณกรดซอร์บิค} = 561.54125 + 128.80825(S) - 5.46643(S)^2 \quad R^2 = 0.9250$$

เมื่อ S คือ ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท (ร้อยละ)

สมการความสัมพันธ์ที่ได้ พบว่า ปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์ขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทเพียงอย่างเดียว โดยเวลาในการจุ่ม 1-2 นาที ไม่มีผลต่อความแตกต่างของปริมาณกรดซอร์บิคที่พบในผลิตภัณฑ์ และวิธีการใช้สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทที่เหมาะสมคือ จุ่มผลิตภัณฑ์ลงในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 3.5 เป็นเวลา 1 นาที

8. การศึกษาผลของการใช้สารเคมีและวิธีการบรรจุต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว โดยผันแปรการใช้สารเคมีระหว่างการจุ่มและไม่จุ่มผลิตภัณฑ์ลงในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท และการบรรจุ 2 รูปแบบ คือ ปิดผนึกธรรมดาและปิดผนึกสุญญากาศ เมื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ พบว่า อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ถูกจำกัดด้วยการเสื่อมเสียทางด้านจุลชีววิทยา ยกเว้นสิ่งทดลองที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศเท่านั้นที่อายุการเก็บรักษาถูกจำกัดด้วยคุณภาพทางประสาทสัมผัส

สรุปการใช้สารเคมีและวิธีการบรรจุเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวได้ดังนี้คือ โดยปกติผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในการทดลองนี้จะมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่เกิน 2 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส การบรรจุผลิตภัณฑ์แบบปิดผนึกสุญญากาศจะทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ไม่เกิน 8 วัน ในขณะที่การจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะทำให้ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาได้ไม่เกิน 12 วัน และพบว่า การใช้ร่วมกันระหว่างการจุ่มผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวลงในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศจะทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้โดยปราศจากเชื้อราเป็นเวลานานกว่า 16 วัน แต่ผลิตภัณฑ์จะมีการยอมรับทางประสาทสัมผัสเมื่อเก็บไว้ไม่เกิน 12 วันเท่านั้น

9. ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยใช้สูตรและกระบวนการที่เหมาะสมดังกล่าว มีคุณภาพทางเคมีดังนี้ ปริมาณโปรตีนร้อยละ 21.33 ± 1.87 ปริมาณไขมันร้อยละ 15.44 ± 1.90

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 1.14 ± 0.01 ปริมาณเถ้าร้อยละ 1.77 ± 0.34 ปริมาณเส้นใยร้อยละ 0.03 ± 0.01 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 4.49 ± 0.01 ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติกร้อยละ 0.72 ± 0.01 และคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L เท่ากับ 66.53 ± 0.27 ค่าสี a เท่ากับ 11.35 ± 0.22 ค่าสี b เท่ากับ 18.46 ± 0.45 และค่าแรงเฉือนเท่ากับ 20.07 ± 0.34 นิวตัน

สำหรับคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีปริมาณแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติกได้ เท่ากับ 8.83 Log cfu/g และตรวจไม่พบยีสต์และรา *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* และ *Eschericia coli*

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี Ideal ratio profile test พบว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์มีดังนี้ สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก เท่ากับ 0.99 ± 0.03 สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก เท่ากับ 0.98 ± 0.07 รสเค็ม เท่ากับ 1.04 ± 0.06 รสเปรี้ยว เท่ากับ 1.05 ± 0.08 กลิ่นเปรี้ยว เท่ากับ 1.01 ± 0.04 ความเหนียว เท่ากับ 0.98 ± 0.05 ความฉ่ำน้ำ เท่ากับ 1.03 ± 0.05 และการยอมรับโดยรวม เท่ากับ 0.89 ± 0.06

นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น พบว่า ผลิตภัณฑ์มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 47.23 บาท ต่อหน่วยบรรจุ (400 กรัม)

ข้อเสนอแนะ

1. การเลือกวัตถุดิบ (เนื้อหมู) ควรเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันและเป็นเนื้อหมูที่มาจากส่วนเดียวกัน เนื่องจากเนื้อหมูที่มาจากส่วนตัดต่างกันจะมีองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน เช่น ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้น ปริมาณไขมันและน้ำในเนื้อ เป็นต้น ซึ่งค่าดังกล่าวล้วนมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้กรอกเป็ร็ยว นอกจากนี้กระเทียมที่ใช้ในสูตรควรเป็นกระเทียมที่ปอกเปลือกเรียบร้อยแล้ว เนื่องจากเปลือกกระเทียมที่เหลืออยู่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ดูไม่น่าบริโภค

2. กระบวนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการผลิต เช่น การบดส่วนประกอบ ควรเตรียมให้ได้ลักษณะละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันมาก ๆ ทุกครั้ง หากส่วนประกอบที่ใช้มีการเตรียมไม่ดี เช่น บดไม่ละเอียดเพียงพอ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่แข็งกระด้างและมีลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับ

3. ใ้บรจุที่ใช้ในการทดลองนี้ใ้บรจุเทียมที่สามารถรับประทานได้และทำจากคอลลาเจน (Collagen casing) ซึ่งเป็นโปรตีนจากส่วนที่เป็นหนังของสัตว์ มีความยืดหยุ่นน้อยกว่าใ้บรจธรรมชาติ ดังนั้นเมื่อนำผลิตภัณฑ์สุดท้ายไปให้ความร้อนก่อนบริโภค ความร้อนที่ให้แก่ผลิตภัณฑ์ควรเป็นระดับที่ไม่สูงเกินไปเนื่องจากจะทำให้ใ้บรจุหดตัวอย่างรวดเร็วแล้วส่งผลให้เกิดการปริแตกได้

4. การผสมส่วนประกอบต่าง ๆ ในการทดลองนี้ใช้เครื่องผสมขนาดเล็กที่มีความจุประมาณ 500 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณการผลิตขนาดทดลอง ดังนั้นหากทำการผลิตในปริมาณมากด้วยเครื่องผสมขนาดใหญ่ ระยะเวลาการผสมส่วนประกอบต่าง ๆ ควรเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจสังเกตด้วยตาเปล่าว่าส่วนประกอบต่าง ๆ มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอหรือไม่ เพราะถ้าส่วนประกอบไม่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอจะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เช่นลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสไม่เป็นไปตามต้องการ