บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยวิธีพื้นบ้านดั้งเดิมและวิธีใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

4.1.1 การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

ผลการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวด้วยเทคนิค Ideal ratio profile ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คน ในการกำหนดลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว และใช้แบบทดสอบดังภาคผนวก ข ซึ่งลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผู้บริโภคทำการกำหนดมีดังนี้

: ลักษณะปรากฏ

ผู้ทดสอบชิมบอกถึงด้าน	สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก (ชมพูอ่อน-ชมพูเข้ม)	15 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงด้าน	สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก (ชมพูอ่อน-น้ำตาลเข้ม)	15 คน

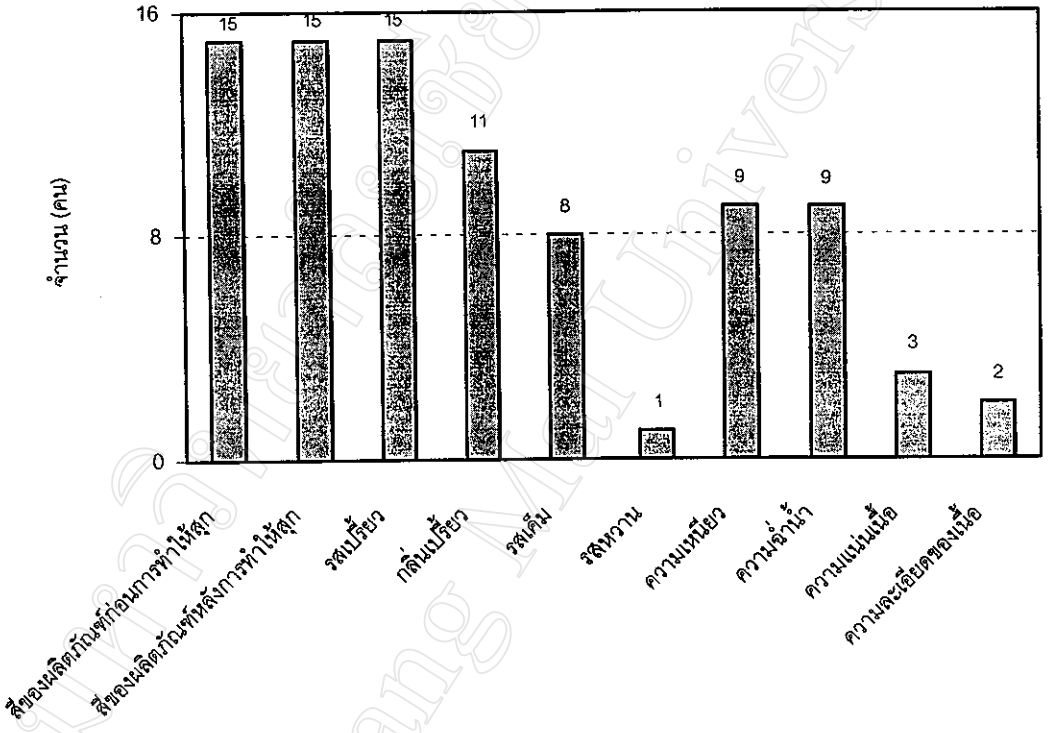
: กลิ่นและรสชาติ

ผู้ทดสอบชิมบอกถึงด้าน	รสเปรี้ยว	(น้อย-มาก)	15 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงด้าน	กลิ่นเปรี้ยว	(น้อย-มาก)	11 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงด้าน	รสเค็ม	(น้อย-มาก)	8 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงด้าน	รสหวาน	(น้อย-มาก)	1 คน

: ลักษณะเนื้อสัมผัส

ผู้ทดสอบชิมบอกถึงด้าน	ความเหนียว	(น้อย-มาก)	9 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงด้าน	ความฉ่ำน้ำ	(น้อย-มาก)	9 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงด้าน	ความแน่นเนื้อ	(น้อย-มาก)	3 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงด้าน	ความละเอียดของเนื้อ	(น้อย-มาก)	2 คน

จากข้อมูลข้างต้นและภาพ 4.1 ได้คัดเลือกลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์จากลักษณะที่มีผู้ทดสอบชิมลงความเห็นว่าเป็นลักษณะสำคัญตั้งแต่ 8 คนขึ้นไป ซึ่งลักษณะดังกล่าวได้แก่ สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก รสเค็ม รสเปรี้ยว กลิ่นเปรี้ยว ความเหนียว และความฉ่ำน้ำ คำจำกัดความของแต่ละลักษณะแสดงดังภาคผนวก ข



ภาพ 4.1 แสดงลักษณะต่าง ๆ ที่ผู้บริโภคกำหนดให้เป็นลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้ผู้ทดสอบชิมดังกล่าวได้ให้ค่าคะแนนและค่าอุดมคติแต่ละลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวซึ่งสามารถนำมาทำการคำนวณหาค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

ลักษณะสำคัญ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก	0.82±0.07
สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก	0.94±0.13
รสเค็ม	0.99±0.02
รสเปรี้ยว	1.03±0.10
กลิ่นเปรี้ยว	1.03±0.09
ความเหนียว	1.38±0.15
ความฉ่ำน้ำ	0.91±0.12

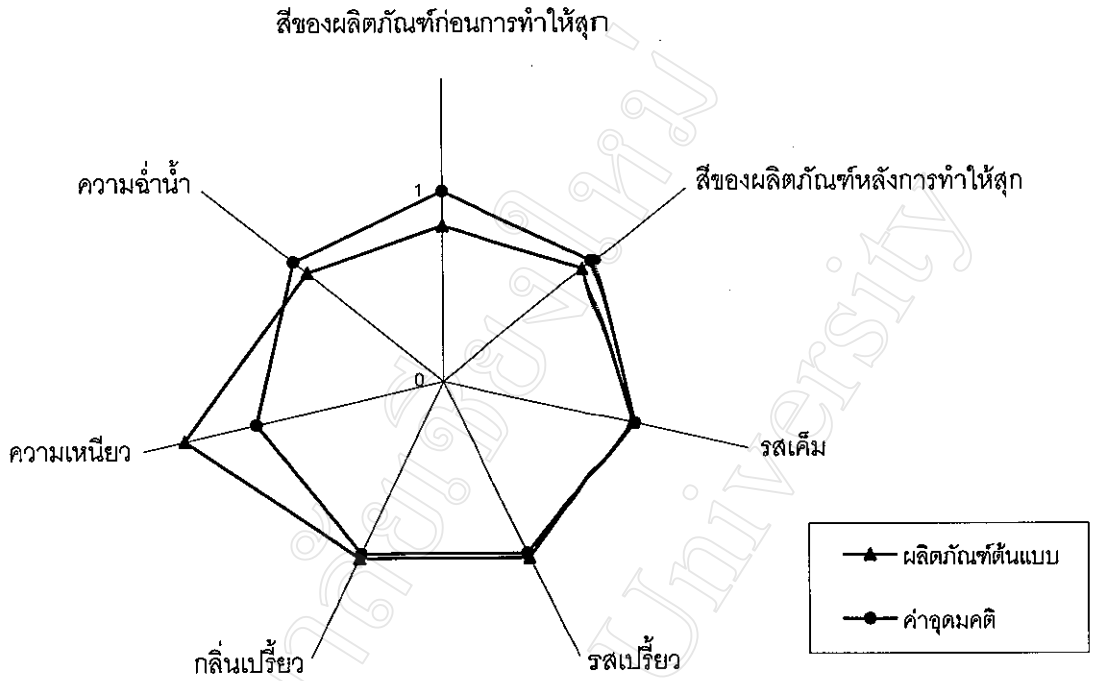
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

นำค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) แต่ละลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ได้ดังตาราง 4.1 มาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ดังภาพ 4.2 เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป โดยเปรียบเทียบกับค่าอุดมคติซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.00 ดังนี้

ถ้าค่าสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากเป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการในอุดมคติ

ถ้าค่าสัดส่วนเฉลี่ยมากกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นมีความจำเป็นต้องลดความเข้มของลักษณะนั้นลง

ถ้าค่าสัดส่วนเฉลี่ยน้อยกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นมีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มของลักษณะนั้นขึ้น



ภาพ 4.2 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

ในการพิจารณากราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว พบว่า มีลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์จำนวน 2 ลักษณะ ที่มีความแตกต่างจากค่าอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนี้

สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 ± 0.07 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าอุดมคติ แสดงว่าควรมีการปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกให้มีความเข้มของสีชมพูเพิ่มขึ้น

ความเหนียว มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.38 ± 0.15 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าอุดมคติ แสดงว่าควรมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีความเหนียวลดลง

นอกจากนี้พบว่า ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่เหลือไม่มีความแตกต่างจากค่าอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม ลักษณะเหล่านี้ควรได้รับการพิจารณาเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไปดังนี้

สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก รสเค็ม และความฉ่ำน้ำ มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 0.94 ± 0.13 0.99 ± 0.02 และ 0.91 ± 0.12 ตามลำดับ แสดงว่าควรมีการปรับปรุงลักษณะดังกล่าวของผลิตภัณฑ์ให้มีค่าเพิ่มขึ้น

ส่วนรสเปรี้ยวและกลิ่นเปรี้ยว มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.03 ± 0.10 และ 1.03 ± 0.09 ตามลำดับ แสดงว่าควรปรับปรุงลักษณะทั้งสองให้มีค่าลดลง

การทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์เบื้องต้นนี้ สามารถกำหนดค่าอุดมคติถาวร (Fixed ideal) ของแต่ละลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ได้ โดยนำค่าอุดมคติของลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย จุดอุดมคติถาวรที่ได้จะนำไปใช้ตลอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์นี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

4.1.2 การเปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยวิธีพื้นบ้านดั้งเดิมกับวิธีใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

เนื่องจากส่วนประกอบที่เป็นปัจจัยในสูตรผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวมีจำนวนมากและในการทดลองนี้ต้องการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยวิธีพื้นบ้านดั้งเดิม (ไม่ใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น) กับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ดังนั้นในเบื้องต้นจึงต้องทำการกลั่นกรองเพื่อคัดเลือกเฉพาะปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ และทำให้ทราบถึงผลกระทบของการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งในสูตรการผลิตว่ามีผลกระทบอย่างไรต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวด้วย

วางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design จะได้สิ่งทดลองจำนวน 12 สิ่งทดลอง โดยสิ่งทดลองทั้งหมดจะถูกกำหนดให้มีอัตราส่วนของส่วนผสมหลักเหมือนกัน คือ เนื้อหมูร้อยละ 50 มันแข็งร้อยละ 25 และข้าวเหนียวร้อยละ 25 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตได้ตามแผนการทดลองมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส ได้ผลแสดงดังตาราง 4.2, 4.3 และ 4.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตาราง 4.2 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design (N=12)

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ปริมาณกรดทั้งหมด คิดเทียบกรดแลคติค (ร้อยละ)
1	4.35±0.01	0.78±0.05
2	4.27±0.01	0.87±0.03
3	4.66±0.01	0.61±0.03
4	4.40±0.01	0.75±0.07
5	4.38±0.01	0.76±0.03
6	4.30±0.01	0.85±0.03
7	4.47±0.02	0.72±0.05
8	4.39±0.01	0.75±0.04
9	4.25±0.03	0.89±0.04
10	4.58±0.01	0.67±0.03
11	4.32±0.01	0.80±0.01
12	4.55±0.02	0.68±0.03

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตาราง 4.3 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design (N=12)

สิ่งทดลอง	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)
1	64.71±0.27	9.95±0.06	16.46±0.34	21.25±0.40
2	63.35±0.06	10.40±0.03	16.49±0.16	24.01±0.33
3	61.73±0.33	9.86±0.11	16.60±0.22	22.44±0.22
4	62.86±0.26	10.18±0.05	16.43±0.12	21.24±0.33
5	61.36±0.37	10.40±0.03	17.89±0.40	23.37±0.37
6	62.56±0.17	10.41±0.08	16.50±0.17	23.51±0.07
7	62.51±0.05	10.64±0.08	17.32±0.12	20.04±0.33
8	62.80±0.04	10.50±0.13	17.27±0.03	20.11±0.14
9	63.05±0.13	10.70±0.05	17.03±0.09	20.67±0.24
10	61.29±0.05	10.17±0.08	16.86±0.21	20.46±0.20
11	62.33±0.17	10.50±0.12	18.79±0.21	20.63±0.21
12	62.19±0.05	9.30±0.14	18.07±0.13	21.35±0.40

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

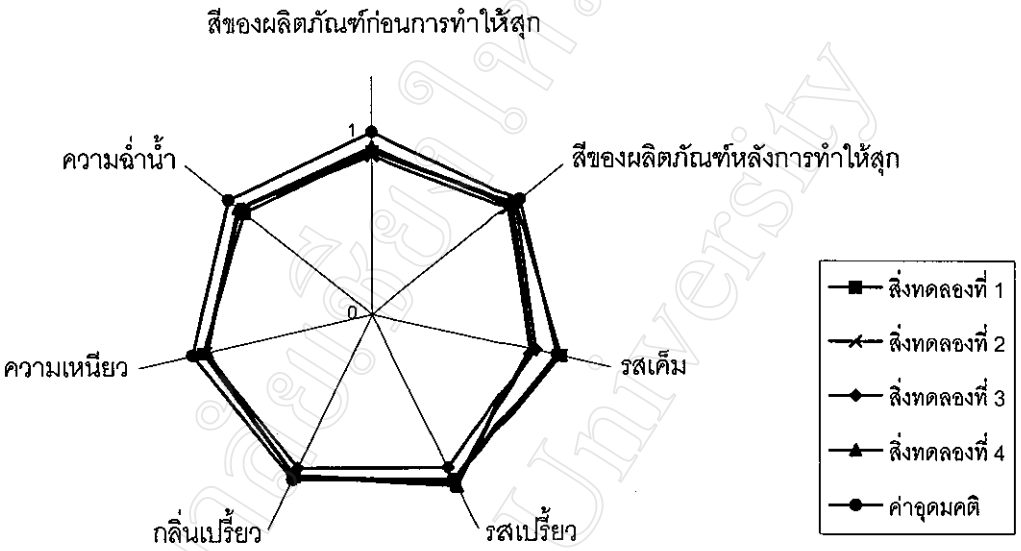
ตาราง 4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design (N=12)

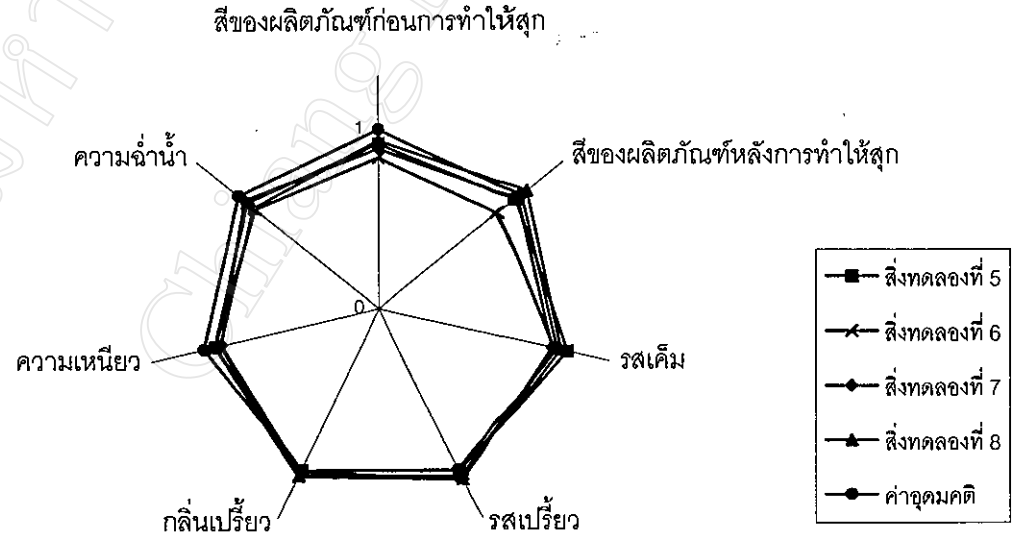
สิ่งทดลอง	สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก	สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก	รสเค็ม	รสเปรี้ยว
1	0.89±0.09	0.97±0.13	1.02±0.03	1.01±0.10
2	0.87±0.14	0.93±0.11	0.85±0.19	1.03±0.06
3	0.91±0.10	0.97±0.13	0.88±0.32	0.93±0.24
4	0.92±0.07	0.95±0.13	0.86±0.28	1.04±0.16
5	0.92±0.08	0.96±0.11	1.06±0.13	1.01±0.07
6	0.84±0.12	0.84±0.15	0.98±0.16	1.06±0.12
7	0.89±0.12	0.97±0.10	0.97±0.24	1.06±0.10
8	0.94±0.12	1.04±0.08	1.02±0.16	1.04±0.13
9	0.90±0.09	0.96±0.09	0.99±0.18	1.11±0.11
10	0.91±0.10	0.97±0.13	1.17±0.12	1.02±0.11
11	0.88±0.10	0.94±0.10	1.04±0.14	1.10±0.10
12	0.81±0.12	0.85±0.16	0.81±0.34	0.91±0.18

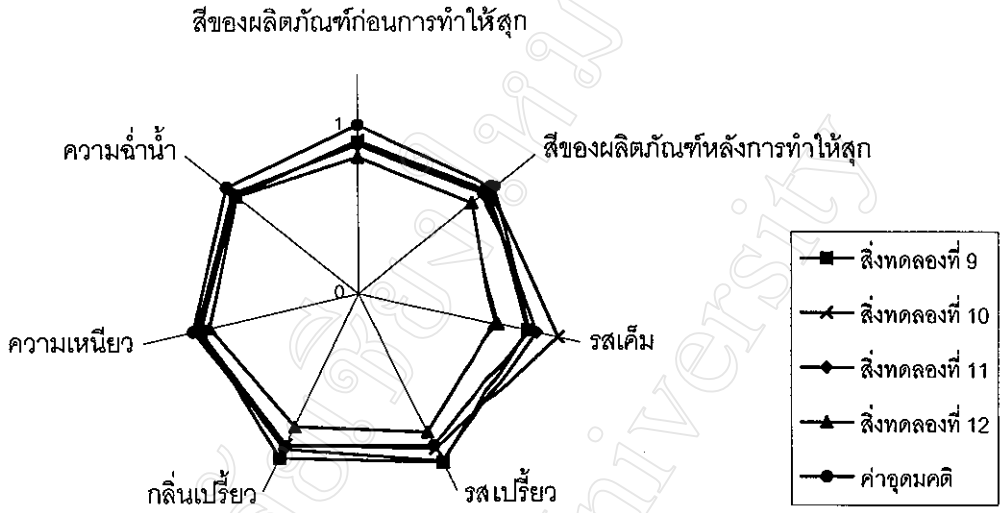
สิ่งทดลอง	กลิ่นเปรี้ยว	ความเหนียว	ความฉ่ำน้ำ
1	0.98±0.09	0.94±0.12	0.89±0.07
2	0.97±0.13	0.93±0.16	0.93±0.07
3	0.93±0.24	0.93±0.27	0.92±0.05
4	0.98±0.12	0.92±0.19	0.93±0.11
5	1.00±0.02	0.94±0.19	0.94±0.07
6	1.04±0.09	0.94±0.22	0.88±0.09
7	1.01±0.08	0.90±0.19	0.96±0.04
8	1.03±0.11	0.91±0.19	0.89±0.02
9	1.08±0.18	0.95±0.20	0.93±0.04
10	0.99±0.14	0.96±0.21	0.92±0.06
11	1.02±0.17	0.98±0.23	0.95±0.04
12	0.87±0.24	0.90±0.27	0.92±0.05

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของแต่ละสิ่งทดลองสามารถนำมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ได้ดังภาพ 4.3







ภาพ 4.3 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในการกลั่นกรองปัจจัยเบื้องต้น

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยคุณภาพแต่ละด้านของแต่ละสิ่งทดลองสามารถนำมาคำนวณหาผลของปัจจัย (Effect) ที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ผลของปัจจัย} = \frac{\text{ผลตอบสนองเมื่อใช้ปัจจัยที่ระดับสูง}}{\text{จำนวนสิ่งทดลองที่ใช้ปัจจัยระดับสูง}} - \frac{\text{ผลตอบสนองเมื่อใช้ปัจจัยที่ระดับต่ำ}}{\text{จำนวนสิ่งทดลองที่ใช้ปัจจัยระดับต่ำ}}$$

Dummy effect หรือผลของ Dummy variables สามารถนำมารวมกันเป็นค่าความแปรปรวน (Variance of effect) ได้ดังนี้

$$\text{ความแปรปรวน} = \frac{(\text{ผลรวมของ Dummy effect})^2}{\text{จำนวน Dummy variables}}$$

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) อันเนื่องมาจาก Dummy effect สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน} = (\text{ความแปรปรวน})^{1/2}$$

จึงนำมาหาผลของแต่ละปัจจัยที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้โดยใช้ t-test

$$\text{t-value} = \frac{\text{ผลของปัจจัยแต่ละปัจจัย}}{\text{ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน}}$$

นำค่า t-value ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับค่า t-table (ดังภาคผนวก ค) ที่มี df เท่ากับจำนวนของ Dummy variables ที่ใช้ในการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และใช้ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ ร้อยละ 80 ($p \leq 0.20$) เพื่อลดปัญหาการมองข้ามปัจจัยที่น่าจะมีความสำคัญไป ดังแสดงในตาราง 4.5, 4.6 และ 4.7

ปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลาย ๆ ด้าน การคำนวณผลของปัจจัย (Effect) ซึ่งมีค่าลบหรือบวก แสดงให้เห็นว่าการใช้ปัจจัยที่ระดับต่ำหรือสูงให้ผลอย่างไรต่อผลิตภัณฑ์ ทำให้ทราบแนวโน้มเบื้องต้นว่าควรกำหนดให้มีการใช้ปัจจัยที่ระดับสูงขึ้นหรือต่ำลงจึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นไปตามความต้องการมากที่สุด ข้อพึงระวังในการพิจารณาคือ แผนการทดลองนี้เป็นการศึกษาผลของปัจจัยโดยคำนึงถึงอิทธิพลหลัก (Main effect) เท่านั้น ไม่สามารถอธิบายอิทธิพลร่วม (Interaction effect) ของปัจจัยได้ (ไพโรจน์, 2539)

ตาราง 4.5 ผล (Effect) และค่า t-value ของแต่ละปัจจัยที่มีต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

ปัจจัย	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)		ปริมาณกรดทั้งหมด คิดเทียบกรดแลคติค (ร้อยละ)	
	Effect	t-value	Effect	t-value
กระเทียม	-0.060	-2.032[a]	0.038	1.424
พริกไทย	-0.033	-1.129	0.008	0.309
ลูกผักชี	0.053	1.806	-0.038	-1.424
อบเชย	0.040	1.354	-0.008	-0.309
น้ำตาล	-0.193	-6.546[d]	0.125	4.642[d]
เกลือ	0.010	0.339	-0.028	-1.052
โซเดียมไนเตรท	-0.047	-1.580	0.038	1.424
โซเดียมไนไตรท์	0.033	1.129	-0.012	-0.433
เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น	-0.100	-3.386[c]	0.058	2.166[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้

a คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 (t-table=1.886)

b คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 (t-table=2.282)

c คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (t-table=2.920)

d คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (t-table=4.303)

ตาราง 4.6 ผล (Effect) และค่า t-value ของแต่ละปัจจัยที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

ปัจจัย	ค่าสี L		ค่าสี a		ค่าสี b		ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)	
	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value
กระเทียม	0.253	0.455	0.002	0.010	-0.742	-1.316	1.433	1.334
พริกไทย	0.223	0.401	0.028	0.170	0.115	0.204	0.020	0.019
ลูกผักชี	-0.337	-0.605	0.035	0.210	-0.138	-0.245	-0.217	-0.202
อบเชย	0.423	0.760	0.072	0.431	-0.698	-1.239	-0.223	-0.208
น้ำตาล	1.143	2.053[a]	0.318	1.913[a]	-0.105	-0.186	0.213	0.198
เกลือ	-0.123	-0.221	0.218	1.312	0.578	1.026	-1.227	-1.141
โซเดียมไนเตรท	-0.257	-0.461	0.365	2.194[a]	0.025	0.044	-0.997	-0.927
โซเดียมไนไตรท์	-0.860	-1.544	0.178	1.072	-0.235	-0.417	0.340	0.316
เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น	0.187	0.335	0.438	2.635[b]	-0.142	-0.251	-0.033	-0.031

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้

a คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 (t-table=1.886)

b คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 (t-table=2.282)

c คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (t-table=2.920)

d คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (t-table=4.303)

ตาราง 4.7 ผล (Effect) และค่า t-value ของแต่ละปัจจัยที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

ปัจจัย	สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก		สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก		รสเค็ม		รสเปรี้ยว	
	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value
กระเทียม	0.003	0.243	-0.018	-0.846	0.038	1.547	0.003	0.392
พริกไทย	0.027	1.940[a]	0.025	1.154	0.008	0.336	0.013	1.569
ลูกผักชี	0.030	2.183[a]	0.042	1.923[a]	-0.002	-0.067	0.000	0.000
อบเชย	0.010	0.728	0.032	1.462	0.018	0.740	0.000	0.000
น้ำตาล	-0.007	-0.485	0.002	0.077	0.025	1.009	0.063	7.452[d]
เกลือ	0.030	2.183[a]	0.058	2.692[b]	0.152	6.121[d]	0.027	3.138[c]
โซเดียมไนเตรท	0.000	0.000	-0.015	-0.692	0.062	2.489[b]	0.077	9.021[d]
โซเดียมไนไตรท์	0.027	1.940[a]	0.022	1.000	0.092	3.700[c]	0.003	0.392
เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น	0.033	2.425[b]	0.045	2.077[a]	-0.025	-1.009	0.043	5.099[d]

ปัจจัย	กลิ่นเปรี้ยว		ความเหนียว		ความฉ่ำน้ำ	
	Effect	t-value	Effect	t-value	Effect	t-value
กระเทียม	0.003	0.500	0.010	0.671	-0.013	-0.724
พริกไทย	0.013	2.000[a]	0.020	1.342	0.010	0.543
ลูกผักชี	-0.010	-1.500	0.010	0.671	0.003	0.181
อบเชย	0.003	0.500	0.003	0.224	0.007	0.362
น้ำตาล	0.057	8.500[d]	0.017	1.118	-0.020	-1.086
เกลือ	0.027	4.000[c]	0.010	0.671	0.007	0.362
โซเดียมไนเตรท	0.057	8.500[d]	0.017	1.118	0.013	0.724
โซเดียมไนไตรท์	0.040	6.000[d]	0.010	0.671	-0.017	-0.905
เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น	0.040	6.000[d]	-0.017	-1.118	0.017	0.905

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้

a คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 (t-table=1.886)

b คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 (t-table=2.282)

c คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (t-table=2.920)

d คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (t-table=4.303)

ผลของปัจจัยที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีมากน้อยต่างกัน ทำให้สามารถแบ่งปัจจัยที่ศึกษาได้เป็น 2 ประเภท คือ ปัจจัยหลัก (Major factors) ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก อีกประเภทหนึ่งคือ ปัจจัยรอง (Minor factors) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เช่นกัน แต่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าปัจจัยหลัก โดยพิจารณาจากการที่ปัจจัยมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากน้อยเพียงไร ตาราง 4.5, 4.6 และ 4.7 แสดงผล (Effect) ของปัจจัยในสูตรการผลิตต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

กระเทียม มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ การใช้กระเทียมที่ระดับสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่าการใช้กระเทียมที่ระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.20$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่มีกระเทียมผสมอยู่จะมีอัตราและปริมาณการผลิตกรดแลคติคที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีส่วนผสมของกระเทียม (ณรงค์และทัศนีย์, 2526) นอกจากนี้การเติมกระเทียมลงในผลิตภัณฑ์จะช่วยดับกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ ป้องกันเชื้อราที่อาจเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ (นันทนา, 2525) และมีบทบาทในการเป็นสารกันหืนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก (Aguirrezabal *et al.*, 2000)

ดังนั้นการใช้กระเทียมที่ระดับสูงน่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดีและได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม ในการทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้กระเทียมที่ระดับสูง

พริกไทย จากการทดลองพบว่า การใช้พริกไทยที่ระดับสูงมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ทำให้การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกมีค่าเข้าใกล้ค่าอุดมคติมากกว่าการใช้ที่ระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.20$) และยังส่งผลให้การยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวมีค่าเข้าใกล้ค่าอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.20$) ด้วย ในขณะที่การใช้พริกไทยที่ระดับต่ำหรือสูงไม่มีผลต่อคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ เนื่องจากพริกไทยเป็นเครื่องเทศที่ช่วยปรุงแต่งกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์เนื้อหมักทำให้น่าบริโภคมากขึ้น

ดังนั้นการใช้พริกไทยที่ระดับสูงน่าจะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี การทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้พริกไทยที่ระดับสูง

ลูกผักชี การใช้ลูกผักชีที่ระดับสูงทำให้การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการทำให้สุกมีค่าเข้าใกล้ค่าอุดมคติมากกว่าการใช้ที่ระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.20$)

ดังนั้นการใช้ลูกผักชีที่ระดับสูงน่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมเพิ่มขึ้น การทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้ลูกผักชีที่ระดับสูง

อบเชย จากการทดลองพบว่า ความแตกต่างระหว่างการใช้อบเชยที่ระดับต่ำและสูงไม่มีผลต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.20$) ซึ่งการทดลองนี้ระดับต่ำคือ ไม่ใช้อบเชย และระดับสูงคือ ใช้อบเชย ร้อยละ 0.20

ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงไม่มีการใช้อบเชยในสูตรการผลิต ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตด้วย

โซเดียมไนเตรท การใช้โซเดียมไนเตรทที่ระดับสูงทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่าการใช้ที่ระดับต่ำ กล่าวคือ เมื่อใช้โซเดียมไนเตรทที่ระดับสูงจะทำให้การยอมรับด้านรสเค็ม รสเปรี้ยว และกลิ่นเปรี้ยวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.15$, $p \leq 0.05$ และ $p \leq 0.05$ ตามลำดับ) เนื่องจากสารไนเตรทสามารถช่วยเสริมกลิ่นรสให้แก่ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักทำให้มีกลิ่นรสเฉพาะตัวเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าการใช้เกลือในการหมักอาหารเพียงอย่างเดียว (เยาวลักษณ์, 2536) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้โซเดียมไนเตรทที่ระดับสูงส่งผลให้ค่าสี a มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.20$) ซึ่งแสดงว่าทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้สารไนเตรทไม่มีบทบาทโดยตรงในกระบวนการหมัก แต่แบคทีเรียที่สามารถรีดิวซ์สารไนเตรทได้ (Nitrate reducing bacteria) จะเปลี่ยนสารไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเกิดสีแดงของผลิตภัณฑ์เนื้อ จึงอาจกล่าวได้ว่า สารไนเตรทเป็นแหล่งสำคัญต่อการเกิดสารไนไตรท์ (ลักขณา, 2540; Campbell-Platt and Cook, 1995)

ดังนั้นการใช้โซเดียมไนเตรทที่ระดับสูงน่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีกว่าการใช้ที่ระดับต่ำ การทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้โซเดียมไนเตรทที่ระดับสูง

โซเดียมไนไตรท์ การใช้โซเดียมไนไตรท์มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หลายด้าน ได้แก่ เมื่อใช้โซเดียมไนไตรท์ที่ระดับสูงจะทำให้การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกมีค่าเข้าใกล้ค่าอุดมคติมากกว่าการใช้ที่ระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.20$) เนื่องจากสารไนไตรท์จะรวมตัวกับอนุมูลไฮโดรเจนและอาศัยแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ทำให้เกิดกรดไนตรัส ซึ่งเมื่อกรดไนตรัสเกิดการสลายตัวจะได้ไนตริกออกไซด์และไนตริกออกไซด์จะทำหน้าที่สำคัญแทนไนไตรท์โดยทำปฏิกิริยากับเมทไมโอโกลบิน (Metmyoglobin) ในสภาพที่เหมาะสมได้สารไนโตรโซไมโอโกลบิน (Nitrosomyoglobin) ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงในขณะที่ยังไม่ผ่านความร้อน และเมื่อผลิตภัณฑ์เนื้อได้รับความร้อนสารดังกล่าวจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูที่มีความคงตัวของสารไนโตรโซฮีโมโครม (Nitrosohaemochrome) การใช้โซเดียมไนไตรท์ที่ระดับสูงยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีการยอมรับด้านรสเค็มและกลิ่นเปรี้ยวมากกว่าการใช้ที่ระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.10$ และ $p \leq 0.05$ ตามลำดับ) ซึ่งสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับกรณีของสารไนเตรทดังกล่าวแล้ว นอกจากนี้สารไนไตรท์ยังทำหน้าที่เป็นสารกันหืนโดยจะไปยับยั้งปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (Oxidative rancidity) ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และป้องกันการงอกของสปอร์แบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศโดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* และช่วยให้แบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในการหมักเจริญเติบโตได้ดีโดยเฉพาะ Lactobacilli และ Micrococci (เยาวลักษณ์, 2536; ลักขณา, 2540; Wood, 1985; Campbell-Platt and Cook, 1995; Aguirrezabal *et al.*, 2000)

ปริมาณโซเดียมไนไตรท์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักชนิดหนึ่งของประเทศสเปน (Chorizo) เพื่อยับยั้งการเจริญของ Enterobacteriaceae โดยไม่มีผลต่อการเจริญของ Micrococci คือ ร้อยละ 0.015 (Gonzalez and Diez, 2002) ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้โซเดียมไนไตรท์ที่ระดับสูงสำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในการทดลองนี้ คือ ร้อยละ 0.0125 โดยมีความแตกต่างกันเล็กน้อยอันเนื่องจากส่วนประกอบอื่น ๆ

ดังนั้นการใช้โซเดียมไนไตรท์ที่ระดับสูงน่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมเพิ่มขึ้น การทดลองต่อไปจึงกำหนดให้ใช้โซเดียมไนไตรท์ที่ระดับสูง

น้ำตาล การใช้น้ำตาลที่ระดับสูงทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น กล่าวคือ การใช้น้ำตาลที่ระดับสูงจะทำให้การยอมรับด้านรสเปรี้ยวและกลิ่นเปรี้ยวมีค่าเข้าใกล้ค่าอุดมคติมากกว่าการใช้ที่ระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาคุณภาพทางเคมี พบว่า การใช้น้ำตาลที่ระดับสูงทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงและปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากน้ำตาลในสูตรการผลิตนอกจากจะให้รสชาติแก่ผลิตภัณฑ์แล้ว ยังทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่ใช้ในการทดลองนี้ โดยเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นดังกล่าวจะสามารถใช้น้ำตาลในการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลใหญ่และซับซ้อนประเภทแป้งหรือข้าว ดังนั้นหากปริมาณสารอาหารเริ่มต้นมากเพียงพอก็จะทำให้แบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้สามารถเจริญเติบโตได้เร็วและสร้างกรดแลคติคได้มาก (ไพโรจน์ และคณะ, 2539) ส่งผลให้เกิดกลิ่นและรสเปรี้ยวซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้การใช้น้ำตาลที่ระดับสูงยังทำให้ค่าสี L และ a เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.20$) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความสว่างและเกิดสีแดงเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำตาลเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตช่วยให้แบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์สารไนเตรทเป็นสารไนไตรท์ได้เจริญเติบโตได้ดี ซึ่งสารไนไตรท์ที่ได้นี้ส่งผลให้เกิดกลไกการเกิดสีแดงดูน่ารับประทานในผลิตภัณฑ์

การใช้น้ำตาลที่ระดับสูงมีแนวโน้มที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี ดังนั้นในการทดลองต่อไปจะทำการศึกษาโดยผันแปรน้ำตาลที่ระดับสูง

เกลือ เมื่อพิจารณาผลที่เกิดจากการผันแปรระดับการใช้เกลือในสูตรการผลิต พบว่าการใช้เกลือที่ระดับสูงทำให้การยอมรับด้านรสเปรี้ยวและกลิ่นเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เข้าใกล้ค่าอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.10$) เนื่องจากส่วนประกอบในสูตรการผลิตจะทำหน้าที่ช่วยในการคัดเลือกสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่ต้องการให้สามารถเจริญเติบโตได้ในกระบวนการผลิต ซึ่งเกลือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำหน้าที่ดังกล่าว เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่ใช้ในการทดลองนี้มีความสามารถในการทนเกลือได้ (Halophiles) ดังนั้นแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ที่ใช้ในการทดลอง

นี้สามารถเจริญเติบโตและผลิตกรดแลคติคได้ ซึ่งทำให้กลิ่นและรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มสูงขึ้นด้วย

นอกจากนี้การใช้เกลือที่ระดับสูงยังทำให้การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการทำให้สุกเข้าใกล้ค่าอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.20$ และ $p \leq 0.15$ ตามลำดับ) เนื่องจากในสภาวะที่มีเกลือนั้น *Micrococcus varians* สามารถเจริญเติบโตได้ดี แบคทีเรียดังกล่าวจะช่วยให้เกิดสีแดงที่มีความคงทนในผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารไนเตรทและไนไตรท์ ส่วนรสเค็มที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เป็นผลจากการใช้เกลือจึงทำให้เกิดรสเค็มในผลิตภัณฑ์

ดังนั้นการใช้เกลือที่ระดับสูงน่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี ดังนั้นในการทดลองต่อไปจะทำการศึกษาโดยผันแปรเกลือที่ระดับสูง

เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ผลการทดลอง พบว่า การผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีกว่าการผลิตแบบพื้นบ้านดั้งเดิม (ไม่ใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น) หลายด้านคือ การใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวมีสีที่ดีทั้งก่อนและหลังการทำให้สุก เห็นได้จากสิ่งทดลองที่มีการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นลงในสูตรจะมีการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการทำให้สุกเข้าใกล้ค่าอุดมคติมากกว่าสิ่งทดลองที่ไม่เติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นลงในสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.15$ และ $p \leq 0.20$ ตามลำดับ) และมีค่าสี a เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.15$) ด้วย เนื่องจาก *Micrococcus varians* สามารถรีดิวส์สารไนเตรทเป็นสารไนไตรท์ได้ ในขณะที่ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* จะเร่งการสร้างกรดแลคติคออกมาทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ลดต่ำลงเป็นผลให้สารไนไตรท์ที่ได้สลายตัวเป็นกรดไนตรัสและไนตริกออกไซด์ได้เร็วขึ้น ซึ่งไนตริกออกไซด์นี้จะเป็นตัวการสำคัญในกลไกการเกิดสีแดงที่คงทนของผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก (Campbell-Platt and Cook, 1995)

นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นยังทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับในด้านรสเปรี้ยวและกลิ่นเปรี้ยวมากกว่าการผลิตแบบพื้นบ้านดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงและปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคเพิ่มขึ้นอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.10$ และ $p \leq 0.20$ ตามลำดับ) เนื่องจากการใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นทำให้สามารถควบคุมกระบวนการหมักที่จะเกิดขึ้นได้ กล่าวคือ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* จะสร้างกรดแลคติค ซึ่งมีผลต่อกลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามต้องการ ทั้งนี้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นประเภท *Micrococcus varians* ยังช่วยเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสเฉพาะตัวที่โดดเด่นขึ้นด้วย

การใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นจึงน่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวมีคุณภาพที่ดีกว่าการผลิตแบบพื้นบ้านดั้งเดิม (ไม่ใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น) ดังนั้นการทดลองต่อไปจึงกำหนดให้มีการใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในสูตรการผลิต โดยจะมีการศึกษาในรายละเอียดของปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวด้วย

ดังนั้นปัจจัยหลักที่มีผลอย่างมากต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว ได้แก่ น้ำตาล เกลือ และเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ซึ่งจะทำการศึกษาหาระดับที่เหมาะสมในการทดลองต่อไป โดยผันแปรระดับของปัจจัยที่ศึกษาดังนี้

- น้ำตาล เดิมผันแปรที่ ร้อยละ 0.5-1.0 ผันแปรใหม่ที่ ร้อยละ 0.7-2.5
- เกลือ เดิมผันแปรที่ ร้อยละ 1.0-2.0 ผันแปรใหม่ที่ ร้อยละ 1.5-3.0
- เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น เดิมมีการผันแปรระหว่างไม่ใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นและใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในปริมาณ 6 Log cfu/g การทดลองต่อไปผันแปรที่ 4-8 Log cfu/g

สำหรับปัจจัยรองได้กำหนดให้ใช้ที่ระดับดังนี้

- กระเทียม ร้อยละ 10.00
- พริกไทย ร้อยละ 1.00
- ลูกผักชี ร้อยละ 1.00
- โซเดียมไนเตรท ร้อยละ 0.05
- โซเดียมไนไตรท์ ร้อยละ 0.0125

4.2 ศึกษาสูตรและปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

ในการทดลองตอนที่ 4.1.2 ทำให้ทราบถึงปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว คือ น้ำตาล เกลือ และเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ซึ่งจะต้องทำการศึกษาต่อไป โดยจะศึกษาหาระดับที่เหมาะสมของน้ำตาลและเกลือก่อน แล้วตามด้วยการศึกษาหาปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

4.2.1 ศึกษาปัจจัยด้านสูตรการผลิตที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

การทดลองนี้ทำการศึกษาหาระดับที่เหมาะสมของน้ำตาลและเกลือในสูตรผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment in central composite design ซึ่งแต่ละปัจจัยจะมี 5 ระดับ คือ ระดับต่ำสุด($-\alpha$), ระดับต่ำ(-1), ระดับกึ่งกลาง(0), ระดับสูง(+1) และระดับสูงสุด($+\alpha$)

ระดับกึ่งกลางคำนวณจากสูตร

ระดับกึ่งกลาง = (ระดับต่ำสุด + ระดับสูงสุด)/2

และค่า α สามารถคำนวณได้จาก

$$\alpha = \pm 2^{(k-P)/4}$$

โดยที่ k คือ จำนวนปัจจัยที่ต้องการศึกษา

P คือ Fractionlization elements ในที่นี้เท่ากับ 0

ในการทดลองนี้มีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 2 ปัจจัย ดังนั้นจะได้

$$\alpha = \pm 2^{(2-0)/4}$$

$$= \pm 1.414$$

ดังนั้น ระดับต่ำสุดคือ $-\alpha$ หรือ –1.414

ระดับสูงสุดคือ $+\alpha$ หรือ +1.414

ระดับต่ำ (-1) หาจากสูตร

$$\text{ระดับต่ำ (-1)} = \text{ระดับกึ่งกลาง} - \frac{\text{ผลต่างของระดับกึ่งกลางและระดับต่ำสุด}}{\alpha}$$

ระดับสูง (+1) หาจากสูตร

$$\text{ระดับสูง (+1)} = \text{ระดับกึ่งกลาง} + \frac{\text{ผลต่างของระดับกึ่งกลางและระดับสูงสุด}}{\alpha}$$

จากสูตรการคำนวณข้างต้น สามารถนำมาคำนวณหาระดับต่าง ๆ ของปัจจัยได้ยกตัวอย่างเช่น

: การหาระดับของน้ำตาลเมื่อมีช่วงศึกษาเป็นร้อยละ 0.70-2.50

- ระดับกึ่งกลางของน้ำตาลเท่ากับ ร้อยละ (0.70+2.50)/2 = **1.60**
- ระดับต่ำสุดของน้ำตาลเท่ากับ ร้อยละ **0.70**
- ระดับสูงสุดของน้ำตาลเท่ากับ ร้อยละ **2.50**
- ระดับต่ำของน้ำตาลเท่ากับ ร้อยละ 1.60 - (1.60 - 0.70)/1.414 = **0.96**
- ระดับสูงของน้ำตาลเท่ากับ ร้อยละ 1.60 + (2.50 - 1.60)/1.414 = **2.24**

และการหาระดับต่าง ๆ ของเกลือสามารถคำนวณได้เช่นเดียวกัน ซึ่งระดับของน้ำตาลและเกลือเป็นดังนี้

ตาราง 4.8 ปริมาณน้ำตาลและเกลือที่ใช้ระดับต่าง ๆ (ร้อยละ)

ปัจจัย/ระดับ	ต่ำสุด ($-\alpha$)	ต่ำ (-1)	กึ่งกลาง (0)	สูง (+1)	สูงสุด ($+\alpha$)
A : น้ำตาล	0.70	0.96	1.60	2.24	2.50
B : เกลือ	1.50	1.72	2.25	2.78	3.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ในการศึกษาระดับของปัจจัยข้างต้นและการวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment in central composite design จะได้สิ่งทดลองดังนี้

ตาราง 4.9 สิ่งทดลองในการหาระดับที่เหมาะสมของน้ำตาลและเกลือจากการวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment in central composite design

สิ่งทดลอง	รหัส	น้ำตาล (ร้อยละ)	เกลือ (ร้อยละ)
1	(1)	0.96	1.72
2	a	2.24	1.72
3	b	0.96	2.78
4	ab	2.24	2.78
5	$-\alpha a$	0.70	2.25
6	$+\alpha a$	2.50	2.25
7	$-\alpha b$	1.60	1.50
8	$+\alpha b$	1.60	3.00
9	cp_1	1.60	2.25
10	cp_2	1.60	2.25
11	cp_3	1.60	2.25

หมายเหตุ : a คือ น้ำตาล b คือ เกลือ

\+ คือ ระดับสูง - คือ ระดับต่ำ

(1) คือ ควบคุม cp_1, cp_2 และ cp_3 คือ ระดับกึ่งกลาง

จึงนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตได้จากสิ่งทดลองทั้งหมดวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสได้ผลแสดงดังตาราง 4.10, 4.11 และ 4.12

ตาราง 4.10 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเมื่อมีการผันแปรปริมาณน้ำตาลและเกลือ

สิ่งทดลอง	รหัส	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ปริมาณกรดทั้งหมด คิดเทียบกรดแลคติค (ร้อยละ)
1	(1)	4.28±0.01	0.95±0.07
2	a	4.31±0.02	0.89±0.04
3	b	4.52±0.01	0.78±0.02
4	ab	4.44±0.38	0.80±0.02
5	-αa	4.47±0.02	0.79±0.01
6	+αa	4.47±0.01	0.79±0.02
7	-αb	4.37±0.03	0.89±0.07
8	+αb	5.01±0.01	0.76±0.04
9	cp_1	4.38±0.02	0.88±0.03
10	cp_2	4.28±0.02	0.90±0.01
11	cp_3	4.27±0.03	0.93±0.03

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a คือ น้ำตาล b คือ เกลือ

\+ คือ ระดับสูง - คือ ระดับต่ำ

(1) คือ ควบคุม cp_1, cp_2 และ cp_3 คือ ระดับกึ่งกลาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 4.11 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเมื่อมีการผันแปรปริมาณน้ำตาลและเกลือ

สิ่งทดลอง	รหัส	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)
1	(1)	65.81±0.13	9.62±0.11	16.66±0.12	25.26±0.46
2	a	63.35±0.02	10.23±0.28	16.49±0.32	22.85±0.40
3	b	60.85±0.17	10.08±0.18	16.43±0.20	22.56±0.40
4	ab	63.20±0.17	9.43±0.13	17.49±0.08	21.66±0.34
5	-αa	65.86±0.36	10.28±0.37	17.41±0.43	22.04±0.13
6	+αa	61.56±0.20	9.36±0.28	16.49±0.21	22.25±0.30
7	-αb	65.50±0.29	10.64±0.07	17.31±0.19	23.00±0.46
8	+αb	60.54±0.39	9.49±0.35	16.73±0.11	26.38±0.46
9	cp_1	63.04±0.37	9.85±0.12	17.03±0.11	22.95±0.31
10	cp_2	62.09±0.41	10.32±0.46	16.89±0.22	23.13±0.50
11	cp_3	58.86±0.24	11.61±0.09	16.13±0.11	20.97±0.50

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a คือ น้ำตาล b คือ เกลือ

\+ คือ ระดับสูง - คือ ระดับต่ำ

(1) คือ ควบคุม cp_1, cp_2 และ cp_3 คือ ระดับกึ่งกลาง

ตาราง 4.12 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเมื่อมีการผันแปรปริมาณน้ำตาลและเกลือ

สิ่งทดลอง	รหัส	สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก	สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก	รสเค็ม	รสเปรี้ยว
1	(1)	0.94±0.11	0.99±0.18	0.98±0.23	0.91±0.12
2	a	0.97±0.12	1.00±0.17	0.90±0.14	0.93±0.10
3	b	1.14±0.18	1.05±0.18	1.06±0.21	0.93±0.13
4	ab	1.12±0.17	1.04±0.17	1.05±0.11	0.94±0.14
5	-αa	1.11±0.11	1.03±0.19	1.01±0.34	0.98±0.13
6	+αa	1.11±0.14	0.98±0.20	1.03±0.15	0.95±0.09
7	-αb	0.94±0.11	0.98±0.19	0.88±0.15	1.03±0.07
8	+αb	1.04±0.22	0.99±0.17	1.17±0.39	0.90±0.20
9	cp_1	1.04±0.15	0.96±0.22	1.01±0.05	0.91±0.09
10	cp_2	0.96±0.12	0.94±0.21	1.03±0.13	0.90±0.12
11	cp_3	0.99±0.10	0.99±0.17	1.02±0.05	0.97±0.11

สิ่งทดลอง	รหัส	กลิ่นเปรี้ยว	ความเหนียว	ความฉ่ำน้ำ
1	(1)	1.00±0.13	0.93±0.18	0.84±0.23
2	a	0.97±0.10	0.94±0.15	0.89±0.18
3	b	0.94±0.08	0.97±0.16	0.87±0.20
4	ab	0.94±0.08	0.94±0.23	0.82±0.26
5	-αa	1.01±0.12	0.85±0.27	0.74±0.27
6	+αa	0.99±0.05	0.92±0.18	0.87±0.22
7	-αb	0.97±0.09	0.91±0.13	0.85±0.20
8	+αb	0.96±0.17	0.94±0.28	0.75±0.30
9	cp_1	0.92±0.07	0.94±0.13	0.80±0.22
10	cp_2	0.96±0.05	0.90±0.21	0.86±0.23
11	cp_3	0.95±0.09	0.96±0.13	0.90±0.17

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a คือ น้ำตาล b คือ เกลือ

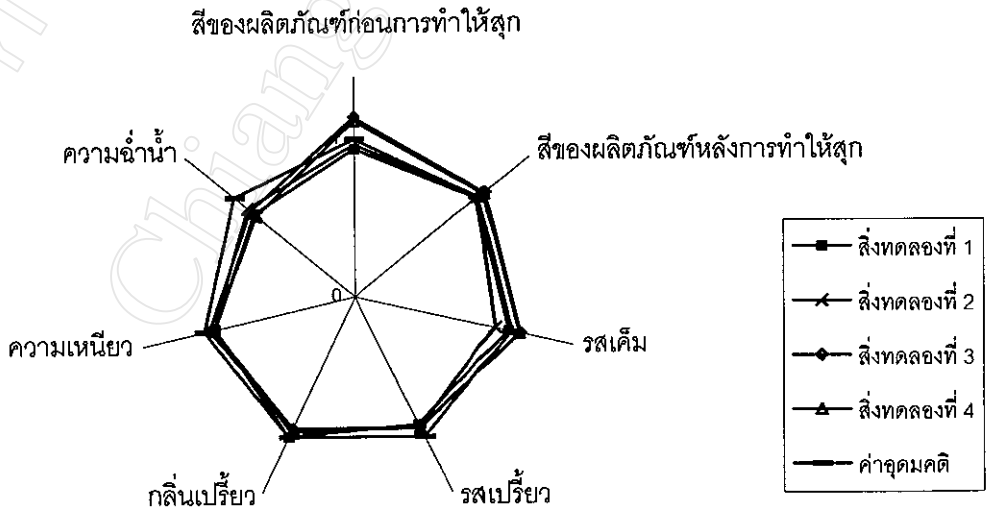
\+ คือ ระดับสูง - คือ ระดับต่ำ

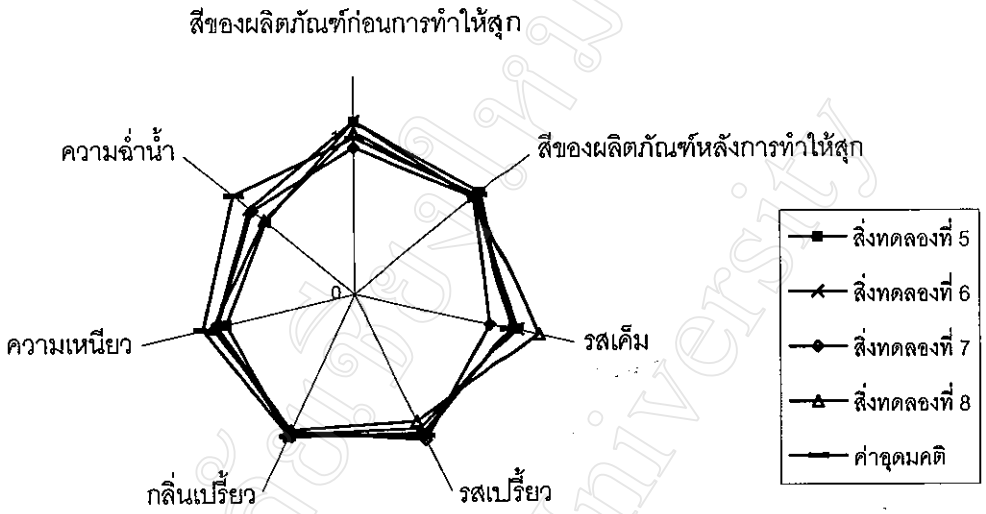
(1) คือ ควบคุม cp_1, cp_2 และ cp_3 คือ ระดับกึ่งกลาง

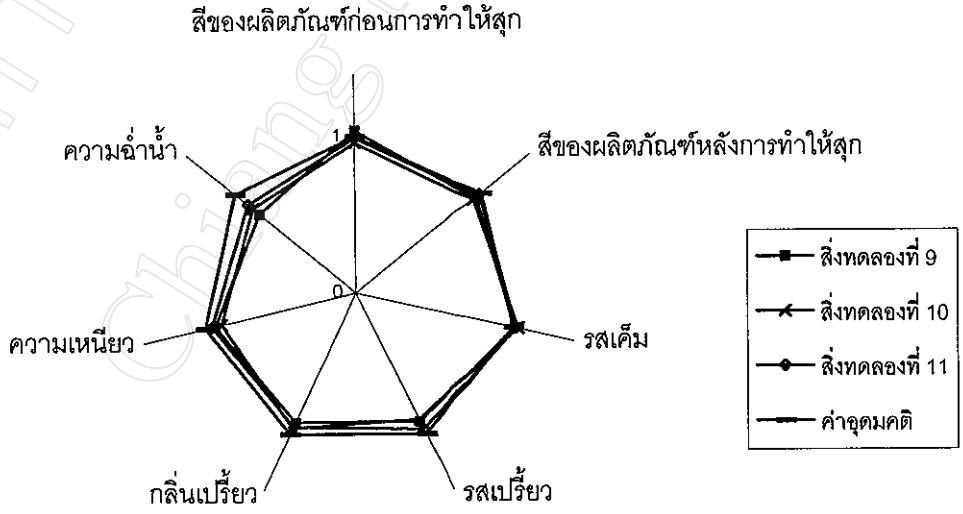
ตาราง 4.10 แสดงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเมื่อมีการผันแปรปริมาณน้ำตาลและเกลือในสูตร พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 4.27-5.01 และมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติค ในช่วงร้อยละ 0.76-0.95

ตาราง 4.11 แสดงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า ค่าสี L มีค่าอยู่ในช่วง 58.86-65.86 ค่าสี a อยู่ในช่วง 9.36-11.61 ค่าสี b อยู่ในช่วง 16.13-17.49 และแรงเฉือนมีค่าอยู่ในช่วง 20.97-26.38 นิวตัน

ตาราง 4.12 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกมีค่าอยู่ในช่วง 0.94-1.14 สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุกมีค่าอยู่ในช่วง 0.94-1.05 รสเค็มมีค่าอยู่ในช่วง 0.88-1.17 รสเปรี้ยวมีค่าอยู่ในช่วง 0.90-1.03 กลิ่นเปรี้ยวมีค่าอยู่ในช่วง 0.92-1.01 ความเหนียวมีค่าอยู่ในช่วง 0.85-0.97 และความฉ่ำน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.74-0.90 ซึ่งคุณภาพทางประสาทสัมผัสสามารถนำมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้







ภาพ 4.4 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเมื่อมีการผันแปรปริมาณน้ำตาลและเกลือ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ปริมาณน้ำตาลและเกลือในสูตร) และตัวแปรตาม (คุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์) โดยเลือกตัวแปรอิสระที่ทำการศึกษาเข้ามาในโครงสร้างของสมการ การวิเคราะห์แบบ Stepwise regression จะทำการคัดเลือกเฉพาะตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น ซึ่งตัวแปรอิสระที่ไม่มีผลต่อตัวแปรตามจะถูกตัดออกไป สมการที่ได้จึงเป็นสมการที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้อย่างถูกต้อง

จากการวิเคราะห์หาสมการถดถอยด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 พบว่าปริมาณน้ำตาลและเกลือมีความสัมพันธ์กับคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวดังนี้

ตาราง 4.13 สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลและเกลือต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส			R^2
คุณภาพทางเคมี			
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	=	$4.34000 + 0.15900(S) + 0.13300(S)^2$	0.7110
คุณภาพทางประสาทสัมผัส			
สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก	=	$0.99200 + 0.06143(S) + 0.05634(U)^2$	0.8380
รสเค็ม	=	$1.01300 + 0.08002(S)$	0.8480

หมายเหตุ : U คือ ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละ)
S คือ ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)

สมการที่ได้ข้างต้นเป็นสมการที่มีการให้รหัสของตัวแปรอิสระที่ระดับต่าง ๆ (Coded equation) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามให้อยู่ในรูปของสมการถดถอย ดังนั้นจะต้องทำการถอดรหัสของตัวแปรอิสระ (Decoding) ให้สมการอยู่ในรูปที่ถอดรหัส (Decoded equation) ซึ่งจะสามารถนำสมการไปใช้ในการคาดคะเนผลต่อไป สมการที่เลือกจะต้องเป็นสมการที่มี R^2 (Coefficient of multiple determination) สูง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

การถอดรหัสของสมการ (Decoding) ทำได้โดยนำเอาสมการที่ยังไม่ถอดรหัสของตัวแปรอิสระหรือปัจจัยที่ยังไม่ถอดรหัสมาแก้ไขในสมการ ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ปัจจัยที่ยังไม่ถอดรหัส} = \frac{\text{ค่าจริง} - (\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น} + \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}{(\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น} - \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}$$

แล้วนำปัจจัยที่ยังไม่ถอดรหัสที่ได้จากสูตรข้างต้นไปแทนในสมการที่ยังไม่ถอดรหัสเดิม สมการใหม่ที่ได้จะเป็นสมการที่ถอดรหัสแล้ว ซึ่งสามารถนำเอาสมการที่ได้นี้ไปคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลและเกลือที่ระดับต่าง ๆ ได้ แต่การคาดคะเนจะต้องกระทำในขอบเขตของช่วงหรือระดับต่ำ-สูงที่ได้จากการทดลองจริงเท่านั้น สมการที่ถอดรหัสแล้วแสดงดังต่อไปนี้

ตาราง 4.14 สมการถดถอยถอดรหัส (Decoded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลและเกลือต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

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

หมายเหตุ : U คือ ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละ)
S คือ ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)

สมการที่วิเคราะห์ได้ข้างต้นมีค่า R^2 ค่อนข้างสูง แสดงว่าสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ค่อนข้างดี

สมการคุณภาพทางเคมีแสดงให้เห็นว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวขึ้นกับปริมาณของเกลือที่ใช้เพียงอย่างเดียว โดยปริมาณของเกลือและค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีความสัมพันธ์กันแบบสมการกำลังสอง (Quadratic equation) ในช่วงปริมาณของเกลือร้อยละ 1.5-3.0 ส่วนปริมาณของน้ำตาลไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ไม่ว่าจะใช้น้ำตาลปริมาณเท่าใดในช่วงร้อยละ 0.7-2.5 ก็ไม่ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ที่ใช้เป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในการทดลองนี้เป็นแบคทีเรียที่มีความสามารถในการทนเกลือได้ ดังนั้นในสภาวะที่มีความเข้มข้นของเกลือจึงทำให้จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการไม่สามารถเจริญเติบโตได้ การเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้นี้ทำให้มีการผลิตกรดแลคติคขึ้นในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เกิดขึ้น โดยปริมาณเกลือร้อยละ 1.72 จะทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำสุด แสดงดังภาพ 4.5

สมการคุณภาพทางประสาทสัมผัสสามารถนำมาหาระดับที่เหมาะสมของน้ำตาลและเกลือได้ โดยทำการแทนค่าปริมาณน้ำตาลและเกลือที่ระดับต่าง ๆ ในช่วงของการศึกษาลงในสมการของคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้น ๆ แล้วพิจารณาค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้ ซึ่งระดับที่เหมาะสมคือ ระดับที่ทำให้ค่าสัดส่วนเฉลี่ยมีค่าเข้าใกล้ค่าอุดมคติหรือ 1.00 มากที่สุด

การสร้างกราฟความสัมพันธ์และกราฟพื้นที่การตอบสนอง (Response surface) จะช่วยให้สามารถหาระดับที่เหมาะสมได้ง่ายขึ้น ซึ่งการสร้างกราฟทั้งสองสามารถสร้างได้ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel และ Statistica 5.O ตามลำดับ

ภาพ 4.6 แสดงกราฟพื้นที่การตอบสนองของการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกเมื่อผันแปรปริมาณน้ำตาลและเกลือ เห็นได้ว่าปริมาณน้ำตาล เกลือ และการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกมีความสัมพันธ์กันแบบสมการกำลังสอง (Quadratic equation) ในช่วงปริมาณน้ำตาลร้อยละ 0.7-2.5 และเกลือร้อยละ 1.5-3.0 ซึ่งระดับที่ทำให้การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกมีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุดคือ น้ำตาลร้อยละ 1.60 และเกลือร้อยละ 2.25 โดยมีการยอมรับเท่ากับ 0.99 ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียที่ใช้เป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในการทดลองมีความสามารถในการทนเกลือและสามารถใช้น้ำตาลในสูตรเป็นสารตั้งต้นในการเจริญเติบโต กรดแลคติคที่แบคทีเรียดังกล่าวผลิตขึ้นจะช่วยเร่งการเกิดไนตริกออกไซด์ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดสีของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ *Micrococcus varians* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์สารไนเตรทเป็นสารไนไตรท์ก็ยังทำหน้าที่ช่วยเสริมการเกิดสีแดงที่ดีของผลิตภัณฑ์ด้วย

ภาพ 4.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเกลือและการยอมรับด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว เห็นได้ว่าการยอมรับด้านรสเค็มขึ้นกับปริมาณเกลือที่ใช้เพียงอย่างเดียว โดยมีความสัมพันธ์กันแบบสมการเส้นตรง (Linear equation) ในช่วงปริมาณของเกลือร้อยละ 1.5-3.0 กล่าวคือ เมื่อมีการใช้เกลือในสูตรเพิ่มขึ้นจะทำให้การยอมรับด้านรสเค็มมีค่าเพิ่มขึ้น โดยระดับของเกลือที่ทำให้การยอมรับด้านรสเค็มเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุดคือ ร้อยละ 2.25 ซึ่งการยอมรับด้านรสเค็มที่ได้เท่ากับ 1.01

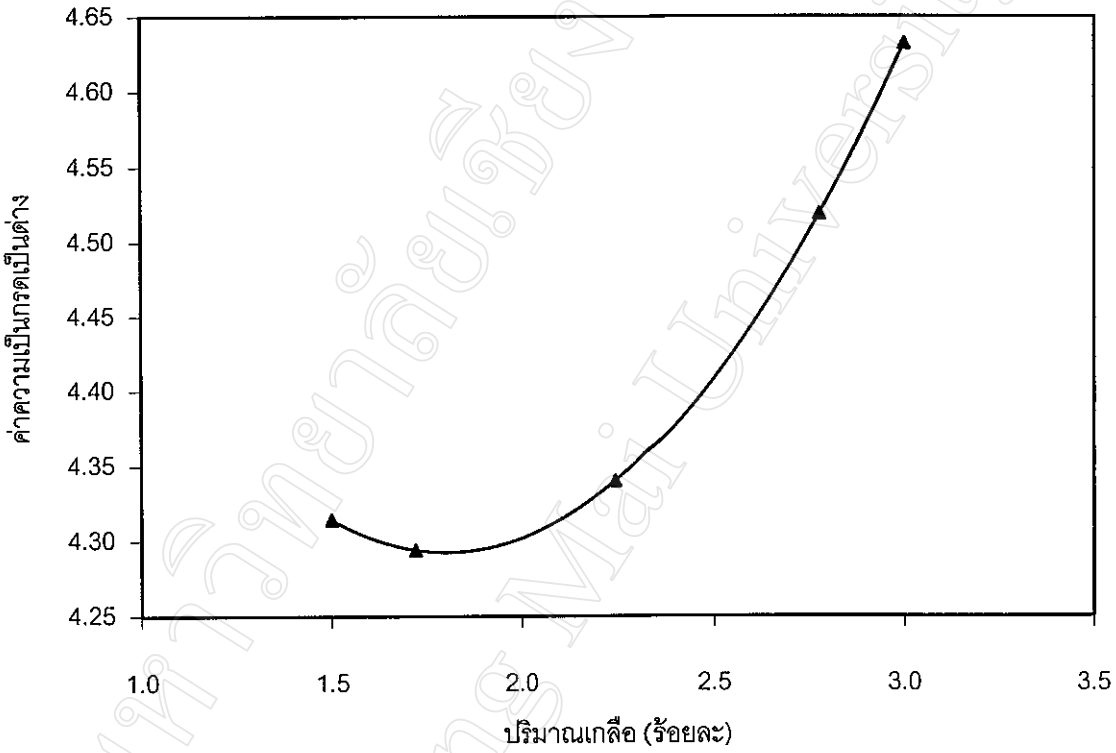
นำระดับน้ำตาลและเกลือที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นไปตามต้องการนั้นมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้ระดับที่เหมาะสมที่สุดดังนี้

ตาราง 4.15 ระดับที่เหมาะสมของน้ำตาลและเกลือในสูตรการผลิต

คุณภาพ	น้ำตาล (ร้อยละ)	เกลือ (ร้อยละ)
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	-	1.72
สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก	1.60	2.25
รสเค็ม	-	2.25
ระดับที่เหมาะสม	1.60	2.07

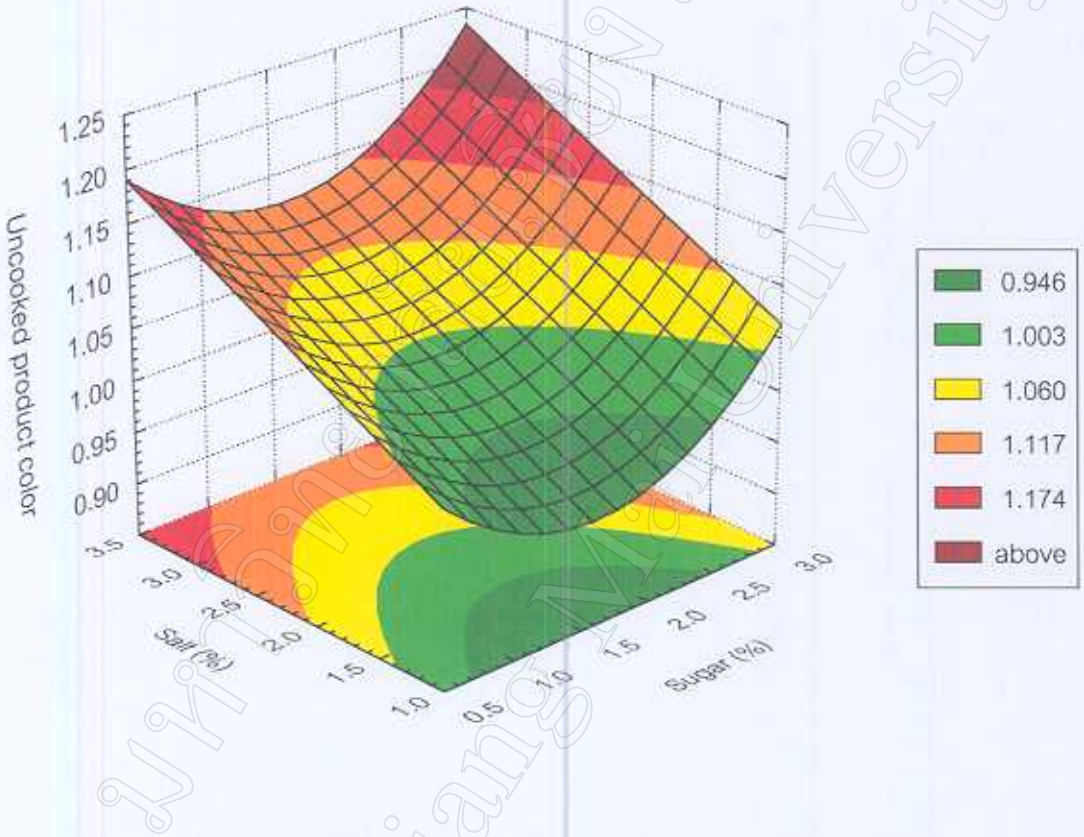
ตาราง 4.15 แสดงระดับที่เหมาะสม คือ น้ำตาลร้อยละ 1.60 และเกลือร้อยละ 2.07 ซึ่งระดับดังกล่าวจะทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 4.31 การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกเท่ากับ 0.98 และการยอมรับด้านรสเค็มเท่ากับ 0.99

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



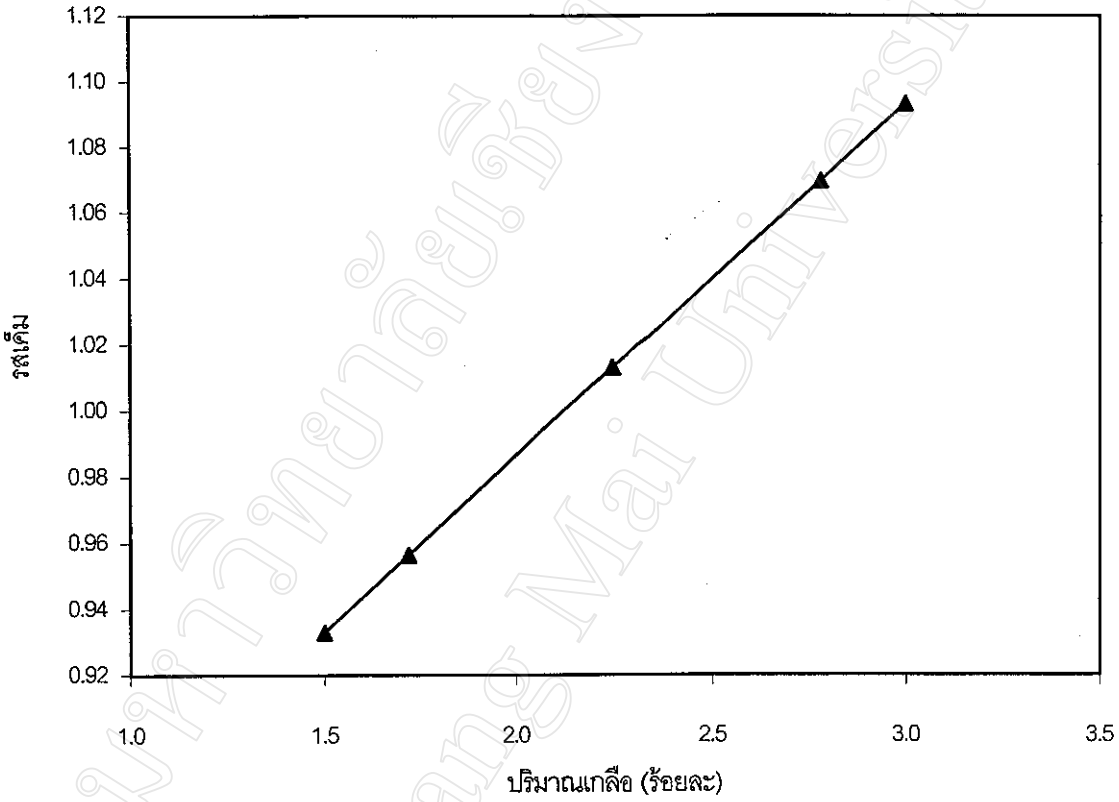
ภาพ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเกลือและค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.6 กราฟพื้นที่การตอบสนองของการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก เมื่อผันแปรปริมาณน้ำตาลและเกลือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเกลือและการยอมรับด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

4.2.2 ศึกษาปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

การนำเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวจำเป็นต้องทราบปริมาณที่เหมาะสมของเชื้อดังกล่าว จึงวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial experiment with 3 center points เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่ศึกษามี 3 ชนิด ได้แก่ *Micrococcus varians*, *Pediococcus cerevisiae* และ *Lactobacillus plantarum* โดยระดับของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในแผนการทดลองมีดังนี้

ระดับต่ำ	เท่ากับ	4	Log cfu/g
ระดับกึ่งกลาง	เท่ากับ	6	Log cfu/g
ระดับสูง	เท่ากับ	8	Log cfu/g

ระดับของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นและการวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial experiment with 3 center points จะได้สิ่งทดลองดังนี้

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 4.16 สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial experiment with 3 center points

สิ่งทดลอง	รหัส	*Micrococcus varians* (Log cfu/g)	*Pediococcus cerevisiae* (Log cfu/g)	*Lactobacillus plantarum* (Log cfu/g)
1	(1)	4	4	4
2	a	8	4	4
3	b	4	8	4
4	ab	8	8	4
5	c	4	4	8
6	ac	8	4	8
7	bc	4	8	8
8	abc	8	8	8
9	cp_1	6	6	6
10	cp_2	6	6	6
11	cp_3	6	6	6

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a คือ *Micrococcus varians* b คือ *Pediococcus cerevisiae*

c คือ *Lactobacillus plantarum* (1) คือ ควบคุม

(1) คือ ควบคุม cp_1, cp_2 และ cp_3 คือ ระดับกึ่งกลาง

นำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ได้จากสิ่งทดลองทั้งหมดไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสได้ผลแสดงดังตาราง 4.17, 4.18 และ 4.19

ตาราง 4.17 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเมื่อผันแปรปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สิ่งทดลอง	รหัส	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ปริมาณกรดทั้งหมด คิดเทียบกรดแลคติค (ร้อยละ)
1	(1)	4.84±0.01	0.61±0.41
2	a	4.40±0.01	0.75±0.04
3	b	4.49±0.01	0.70±0.13
4	ab	4.31±0.01	0.78±0.02
5	c	5.03±0.01	0.54±0.03
6	ac	4.48±0.01	0.73±0.03
7	bc	4.39±0.01	0.76±0.04
8	abc	4.28±0.01	0.81±0.02
9	cp_1	4.98±0.01	0.59±0.05
10	cp_2	4.60±0.01	0.69±0.02
11	cp_3	4.74±0.01	0.66±0.01

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a คือ *Micrococcus varians* b คือ *Pediococcus cerevisiae*

c คือ *Lactobacillus plantarum* (1) คือ ควบคุม

(1) คือ ควบคุม cp_1, cp_2 และ cp_3 คือ ระดับกึ่งกลาง

ตาราง 4.18 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเมื่อผันแปรปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สิ่งทดลอง	รหัส	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)
1	(1)	60.74±0.47	10.54±0.27	17.82±0.19	20.17±0.15
2	a	66.24±0.44	11.13±0.29	19.07±0.26	20.67±0.47
3	b	60.73±0.41	9.86±0.07	16.59±0.24	27.91±0.41
4	ab	64.61±0.42	10.31±0.08	17.53±0.17	26.74±0.46
5	c	60.35±0.39	10.43±0.19	17.89±0.43	21.64±0.43
6	ac	64.85±0.18	11.09±0.20	18.40±0.17	27.59±0.04
7	bc	60.35±0.33	9.31±0.27	15.78±0.18	29.14±0.44
8	abc	62.80±0.11	10.49±0.13	17.26±0.19	24.17±0.47
9	cp_1	58.75±0.29	11.83±0.30	16.53±0.48	24.73±0.27
10	cp_2	62.18±0.33	11.30±0.26	18.07±0.29	19.37±0.41
11	cp_3	60.69±0.28	11.02±0.26	16.76±0.43	20.87±0.39

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a คือ *Micrococcus varians* b คือ *Pediococcus cerevisiae*

c คือ *Lactobacillus plantarum* (1) คือ ควบคุม

(1) คือ ควบคุม cp_1, cp_2 และ cp_3 คือ ระดับกึ่งกลาง

ตาราง 4.19 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเมื่อผันแปรปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สิ่งทดลอง	รหัส	สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก	สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก	รสเค็ม	รสเปรี้ยว
1	(1)	0.89±0.32	0.85±0.19	1.10±0.35	0.93±0.13
2	a	0.71±0.26	0.88±0.19	0.91±0.27	0.95±0.13
3	b	0.76±0.32	0.86±0.20	0.99±0.24	1.15±0.27
4	ab	0.71±0.23	0.87±0.22	0.91±0.22	1.12±0.07
5	c	0.74±0.32	0.89±0.15	0.98±0.28	1.12±0.14
6	ac	0.71±0.23	0.80±0.17	0.98±0.29	1.11±0.22
7	bc	0.80±0.33	0.92±0.20	0.81±0.20	1.22±0.18
8	abc	0.70±0.23	0.88±0.18	0.95±0.29	1.19±0.27
9	cp_1	0.97±0.40	0.94±0.18	0.90±0.24	1.00±0.14
10	cp_2	0.98±0.22	0.87±0.16	0.97±0.29	0.99±0.18
11	cp_3	0.98±0.32	0.89±0.17	1.13±0.36	0.98±0.22

สิ่งทดลอง	รหัส	กลิ่นเปรี้ยว	ความเหนียว	ความฉ่ำน้ำ
1	(1)	0.86±0.22	1.08±0.30	1.00±0.36
2	a	0.83±0.11	1.01±0.30	0.88±0.27
3	b	0.95±0.24	1.11±0.40	1.01±0.31
4	ab	0.92±0.15	0.99±0.21	0.92±0.32
5	c	0.94±0.15	0.90±0.31	1.03±0.27
6	ac	0.94±0.22	1.06±0.29	0.92±0.23
7	bc	0.98±0.15	0.98±0.29	1.00±0.30
8	abc	0.96±0.26	1.02±0.21	0.94±0.26
9	cp_1	1.01±0.07	1.13±0.31	0.98±0.30
10	cp_2	0.96±0.11	0.99±0.37	1.00±0.32
11	cp_3	1.02±0.09	1.11±0.27	0.95±0.31

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a คือ *Micrococcus varians* b คือ *Pediococcus cerevisiae*

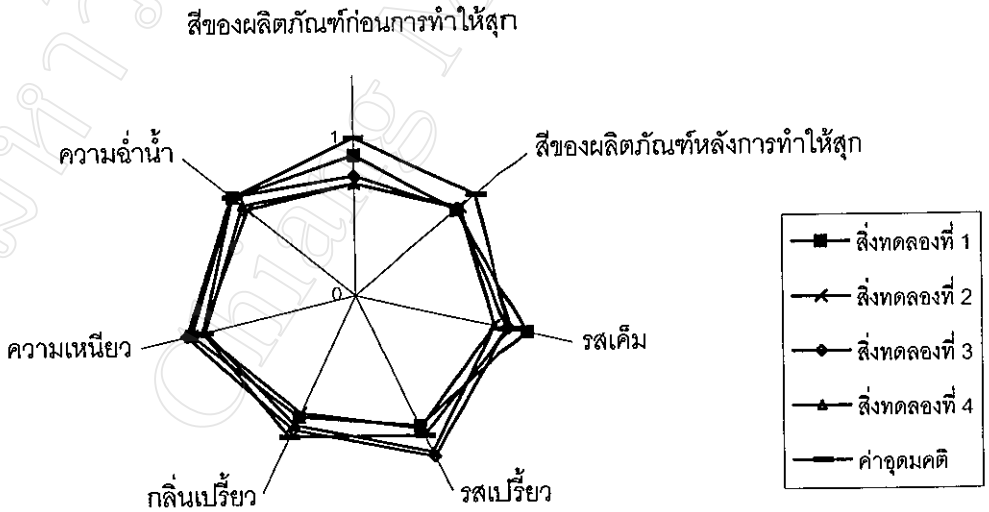
c คือ *Lactobacillus plantarum* (1) คือ ควบคุม

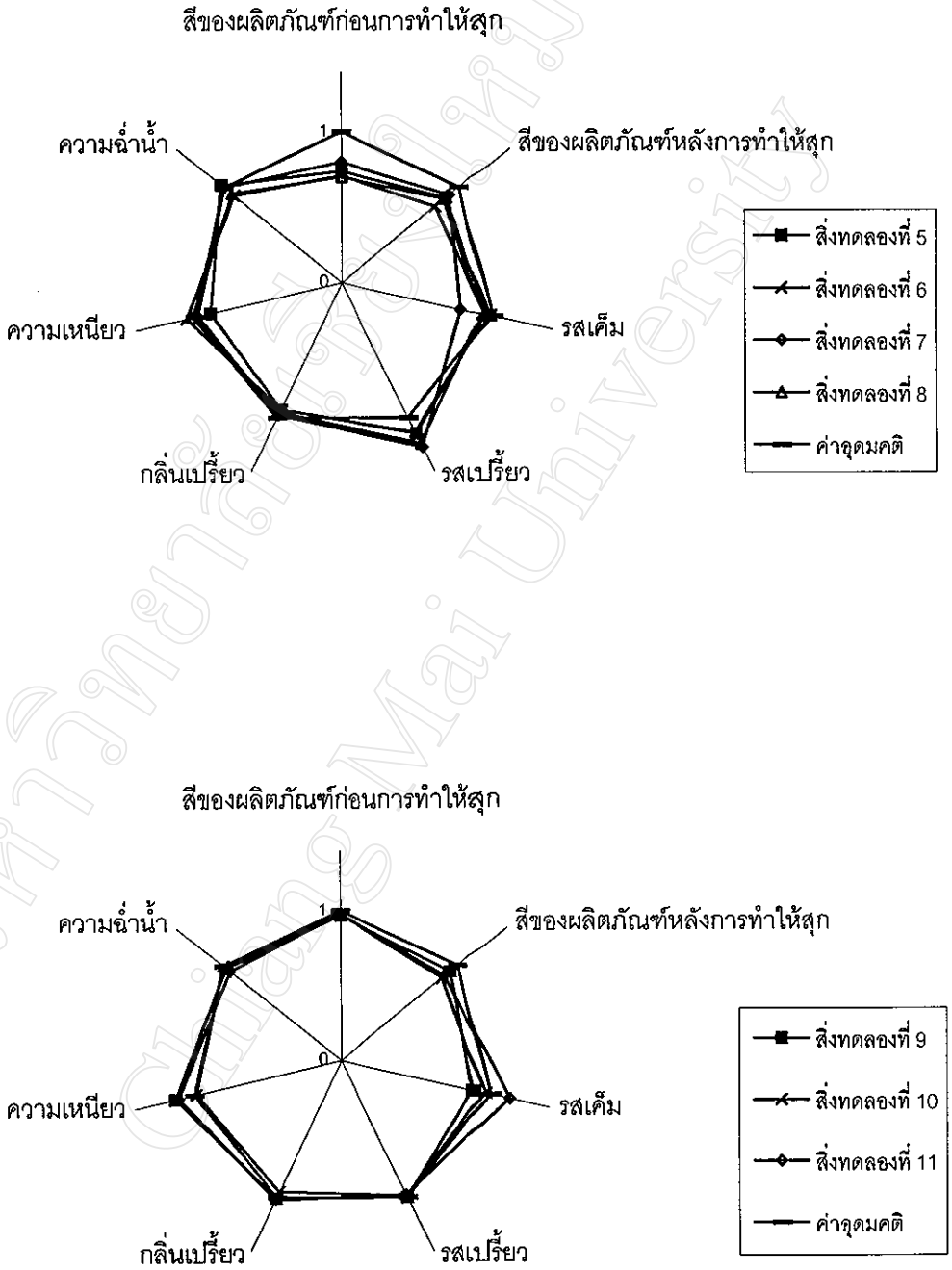
(1) คือ ควบคุม cp_1, cp_2 และ cp_3 คือ ระดับกึ่งกลาง

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเมื่อผันแปรปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 4.28-5.03 และมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติค อยู่ในช่วงร้อยละ 0.54-0.81 ดังตาราง 4.17

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า ค่าสี L มีค่าอยู่ในช่วง 58.75-66.24 ค่าสี a มีค่าอยู่ในช่วง 9.31-11.83 ค่าสี b มีค่าอยู่ในช่วง 15.78-19.07 และแรงเฉือนมีค่าอยู่ในช่วง 19.37-29.14 นิวตัน ดังตาราง 4.18

คุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงในตาราง 4.19 จะเห็นได้ว่าสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกมีค่าอยู่ในช่วง 0.70-0.98 สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุกมีค่าอยู่ในช่วง 0.80-0.94 รสเค็มมีค่าอยู่ในช่วง 0.81-1.13 รสเปรี้ยวมีค่าอยู่ในช่วง 0.93-1.22 กลิ่นเปรี้ยวมีค่าอยู่ในช่วง 0.83-1.02 ความเหนียวมีค่าอยู่ในช่วง 0.90-1.13 และความฉ่ำน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.88-1.03 ซึ่งเมื่อนำไปสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ได้ดังภาพ 4.8





ภาพ 4.8 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเมื่อมีการผันแปรปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

การวิเคราะห์ทางสถิติ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ค่าเฉลี่ยคุณภาพที่ได้จะนำไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 พบว่า สมการถดถอยที่ยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) ระหว่างปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวมีดังนี้

ตาราง 4.20 สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส		R^2
คุณภาพทางกายภาพ		
ค่าสี L	$= 60.54000 + 2.04100(Mv) + 2.04400(Mv)^2$	0.7790
ค่าสี a	$= 11.38300 + 0.36000(Mv) - 0.40200(Pc) - 0.98800(Mv)^2$	0.8940
ค่าสี b	$= 17.42700 + 0.52300(Mv) - 0.75300(Pc)$	0.7350
คุณภาพทางประสาทสัมผัส		
สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก	$= 0.97700 - 0.04500(Mv) - 0.22400(Mv)^2$	0.9040
รสเปรี้ยว	$= 0.99000 + 0.07125(Pc) + 0.06125(Lp) - 0.02625(Pc)(Lp) + 0.10900(Pc)^2$	0.9870
กลิ่นเปรี้ยว	$= 0.99700 + 0.03000(Pc) + 0.03250(Lp) - 0.07417(Mv)^2$	0.8480
ความฉ่ำน้ำ	$= 0.96600 - 0.04750(Mv)$	0.8110

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

เมื่อทำการถอดรหัสสมการ จะได้สมการดังนี้

ตาราง 4.21 สมการถดถอยถอดรหัส (Decoded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

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

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

ตาราง 4.21 สมการคุณภาพทางกายภาพแสดงให้เห็นว่า ค่าสี L ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวขึ้นกับปริมาณ *Micrococcus varians* เพียงอย่างเดียว ซึ่งมีความสัมพันธ์กันแบบสมการกำลังสอง (Quadratic equation) อธิบายได้ว่า ค่าสี L จะแปรผกผันกับปริมาณ *Micrococcus varians* แต่จะแปรตามกำลังสองของปริมาณ *Micrococcus varians* โดยการใช้ *Micrococcus varians* ในช่วง 4-8 Log cfu/g จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสี L อยู่ในช่วง 60.54-64.62 ดังภาพ 4.9

ค่าสี a ของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณ *Micrococcus varians* และ *Pediococcus cerevisiae* แบบสมการกำลังสอง (Quadratic equation) โดยค่าสี a จะแปรตามปริมาณ *Micrococcus varians* แต่แปรผกผันกับปริมาณ *Pediococcus cerevisiae* และกำลังสองของปริมาณ *Micrococcus varians* ซึ่งการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นทั้งสองในช่วง 4-8 Log cfu/g จะทำให้ค่าสี a มีค่าอยู่ในช่วง 9.63-11.78 ดังภาพ 4.10

ค่าสี b มีความสัมพันธ์กับปริมาณ *Micrococcus varians* และ *Pediococcus cerevisiae* แบบสมการเส้นตรง (Linear equation) โดยค่าสี b จะแปรผันตามปริมาณ *Micrococcus varians* แต่แปรผกผันกับปริมาณ *Pediococcus cerevisiae* ซึ่งการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นทั้งสองในช่วง 4-8 Log cfu/g จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสี b อยู่ในช่วง 16.15-18.70 ดังภาพ 4.11

การหาระดับที่เหมาะสมของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นทั้ง 3 ชนิด สามารถใช้สมการคุณภาพทางประสาทสัมผัส การสร้างกราฟความสัมพันธ์ รวมทั้งการสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนองช่วยประกอบการพิจารณาได้

ในสมการความสัมพันธ์เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นต่อการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก พบว่าสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกมีความสัมพันธ์กับปริมาณ *Micrococcus varians* แบบสมการกำลังสอง (Quadratic equation) โดยสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกจะแปรตามปริมาณ *Micrococcus varians* แต่แปรผกผันกับกำลังสองของปริมาณ *Micrococcus varians* เนื่องจาก *Micrococcus varians* มีคุณสมบัติในการรีดิวส์สารไนเตรทในสูตรให้เป็นสารไนไตรท์ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีแดงที่เป็นที่ยอมรับเพิ่มขึ้น เมื่อนำสมการดังกล่าวมาสร้างกราฟความสัมพันธ์จะพบว่า ระดับที่ทำให้การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกมีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุดคือ ระดับที่ปริมาณ *Micrococcus varians* เท่ากับ 6 Log cfu/g ซึ่งจะทำให้การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกมีค่าเป็น 0.98 ดังภาพ 4.12 ซึ่งสอดคล้องกับ Campbell-Platt and Cook (1995) ได้กล่าวว่าปริมาณ *Micrococcus varians* ที่เพียงพอสำหรับการรีดิวส์สารไนเตรทเป็นไนไตรท์เพื่อให้เกิดสีแดงที่ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์คือ 6 Log cfu/g

การยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์แบบสมการกำลังสอง (Quadratic equation) กับปริมาณ *Pediococcus cerevisiae* และปริมาณ *Lactobacillus plantarum* โดยการยอมรับดังกล่าวจะแปรตามปริมาณ *Lactobacillus plantarum* และกำลังสองของปริมาณ *Pediococcus cerevisiae* แต่จะแปรผกผันกับปริมาณ *Pediococcus cerevisiae* และอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ *Pediococcus cerevisiae* และปริมาณ *Lactobacillus plantarum* เมื่อนำสมการนี้มาสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนองการยอมรับด้านรสเปรี้ยวดังภาพ 4.13 พบว่า ระดับที่ทำให้การยอมรับด้านรสเปรี้ยวมีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุดคือ ระดับที่ปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับ 6 Log cfu/g ซึ่งการยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ที่ได้เท่ากับ 0.99

การยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นทั้งสามชนิด เนื่องจาก *Micrococcus varians* มีบทบาทอย่างมากต่อคุณภาพด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักแต่ต้องใช้ร่วมกับแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ เพราะแบคทีเรียชนิดนี้เพียงชนิดเดียวไม่สามารถให้กลิ่นรสแก่ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักที่ผู้บริโภคยอมรับได้ (Campbell-Platt and Cook, 1995; Gonzalez and Diez, 2002) โดยมีความสัมพันธ์แบบสมการกำลังสอง (Quadratic equation) ซึ่งการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวจะแปรตามปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นแต่ละชนิด แต่จะแปรผกผันกับกำลังสองของปริมาณ *Micrococcus varians* การสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนองเพื่ออธิบายแนวโน้มของการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวซึ่งเป็นอิทธิพลจากตัวแปรจำนวน 3 ตัวแปรนั้นไม่สามารถทำได้ จึงจำเป็นต้องกำหนดตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งให้เป็นค่าคงที่ ซึ่งตัวแปรดังกล่าวคือตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวน้อยที่สุด พิจารณาจากสัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรในสมการการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวจากตาราง 4.21 โดยไม่ต้องคำนึงเครื่องหมายบวกหรือลบ พบว่า ปริมาณ *Pediococcus cerevisiae* เป็นตัวแปรที่มีสัมประสิทธิ์ต่ำที่สุด ดังนั้นจึงกำหนดให้ปริมาณ *Pediococcus cerevisiae* เป็นค่าคงที่ ซึ่งค่าคงที่นี้จะเป็นเท่าใดนั้นสามารถพิจารณาได้โดยทำการแทนค่าปริมาณของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นทั้งสามชนิดในช่วงที่ศึกษาลงในสมการการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวดังกล่าว ซึ่งจะได้ผลดังนี้

ตาราง 4.22 สมการการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เมื่อแทนค่าปริมาณของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นแต่ละชนิดในช่วงที่ศึกษา

ปริมาณ (Log cfu/g)			สมการ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
Mv	Pc	Lp		
4	4	4	$0.14197 + 0.22251(4) + 0.01500(4) + 0.01625(4) - 0.01854(4)^2$	0.860
8	4	4	$0.14197 + 0.22251(8) + 0.01500(4) + 0.01625(4) - 0.01854(8)^2$	0.860
4	8	4	$0.14197 + 0.22251(4) + 0.01500(8) + 0.01625(4) - 0.01854(4)^2$	0.920
8	8	4	$0.14197 + 0.22251(8) + 0.01500(8) + 0.01625(4) - 0.01854(8)^2$	0.920
4	4	8	$0.14197 + 0.22251(4) + 0.01500(4) + 0.01625(8) - 0.01854(4)^2$	0.925
8	4	8	$0.14197 + 0.22251(8) + 0.01500(4) + 0.01625(8) - 0.01854(8)^2$	0.925
4	8	8	$0.14197 + 0.22251(4) + 0.01500(8) + 0.01625(8) - 0.01854(4)^2$	0.985
8	8	8	$0.14197 + 0.22251(8) + 0.01500(8) + 0.01625(8) - 0.01854(8)^2$	0.985
6	6	6	$0.14197 + 0.22251(6) + 0.01500(6) + 0.01625(6) - 0.01854(6)^2$	0.997

หมายเหตุ : Mv คือ *Micrococcus varians*
Pc คือ *Pediococcus cerevisiae*
Lp คือ *Lactobacillus plantarum*

ตาราง 4.22 ปริมาณของ *Pediococcus cerevisiae* ที่ทำให้การยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุดคือ 6 Log cfu/g ดังนั้นในสมการใหม่เพื่อใช้สำหรับสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนองการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวต่อไปจะทำการกำหนดปริมาณของ *Pediococcus cerevisiae* ให้มีค่าเท่ากับ 6 Log cfu/g ซึ่งสมการใหม่ที่ได้คือ

$$\text{กลิ่นเปรี้ยว} = 0.23197 + 0.22251(Mv) + 0.01625(Lp) - 0.01854(Mv)^2$$

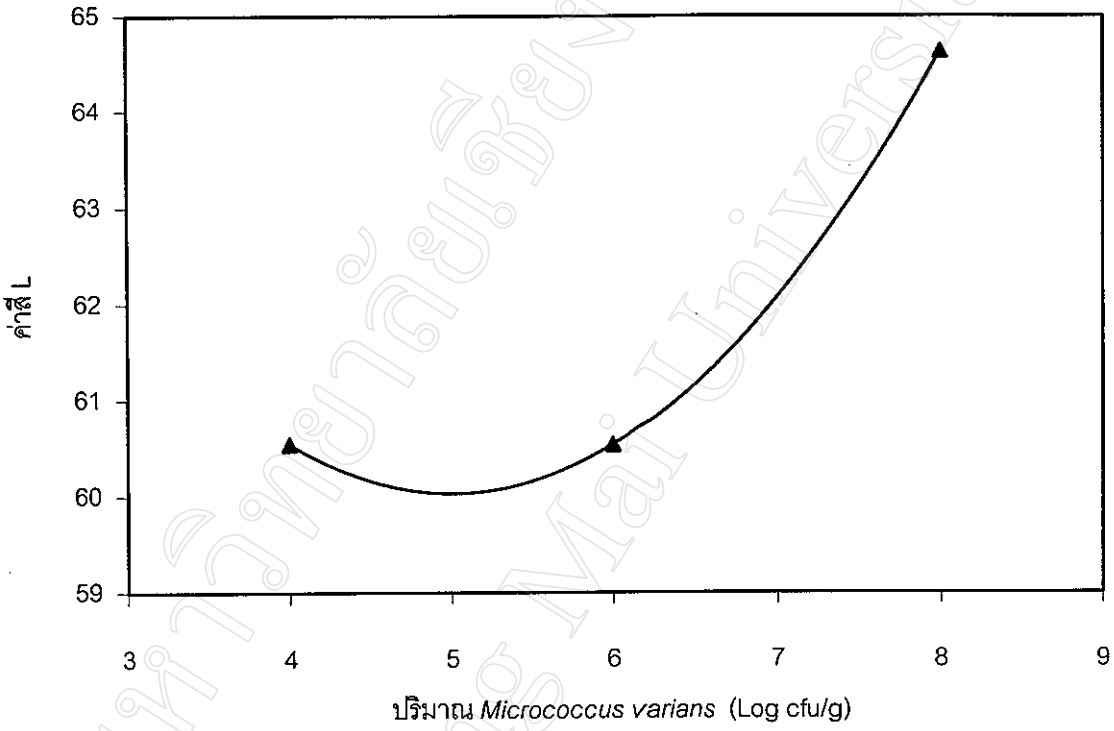
เมื่อ Mv คือ ปริมาณ *Micrococcus varians* (Log cfu/g)
Lp คือ ปริมาณ *Lactobacillus plantarum* (Log cfu/g)

กราฟพื้นที่การตอบสนองการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวที่ได้แสดงดังภาพ 4.14 เห็นได้ว่าที่ปริมาณของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นทั้งสองเท่ากับ 6 Log cfu/g ทำให้การยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียง 1.00 มากที่สุด

ภาพ 4.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ *Micrococcus varians* และการยอมรับด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบสมการเส้นตรง (Linear equation) ที่แปรตามกัน พบว่า ที่ปริมาณของ *Micrococcus varians* เท่ากับ 5 Log cfu/g จะทำให้การยอมรับด้านความฉ่ำน้ำมีค่าเท่ากับ 0.99 ซึ่งใกล้เคียง 1.00 มากที่สุด แต่เนื่องจากปริมาณของ *Micrococcus varians* ที่ทำให้การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกมีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุดคือ 6 Log cfu/g และเมื่อแทนค่าดังกล่าวลงในสมการการยอมรับด้านความฉ่ำน้ำจะได้การยอมรับเท่ากับ 0.97 ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ จึงพิจารณาเลือกใช้ระดับของปริมาณ *Micrococcus varians* เท่ากับ 6 Log cfu/g

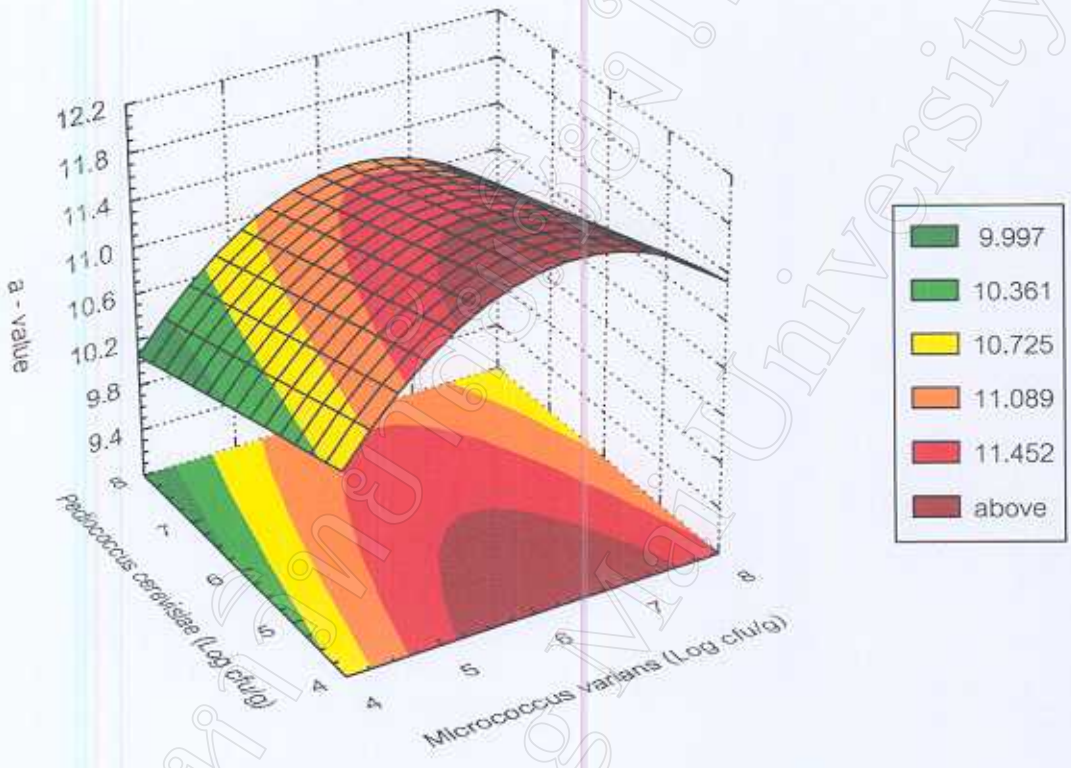
ดังนั้นระดับของปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวคือ ปริมาณ *Micrococcus varians* เท่ากับ 6 Log cfu/g, *Pediococcus cerevisiae* เท่ากับ 6 Log cfu/g และ *Lactobacillus plantarum* เท่ากับ 6 Log cfu/g

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



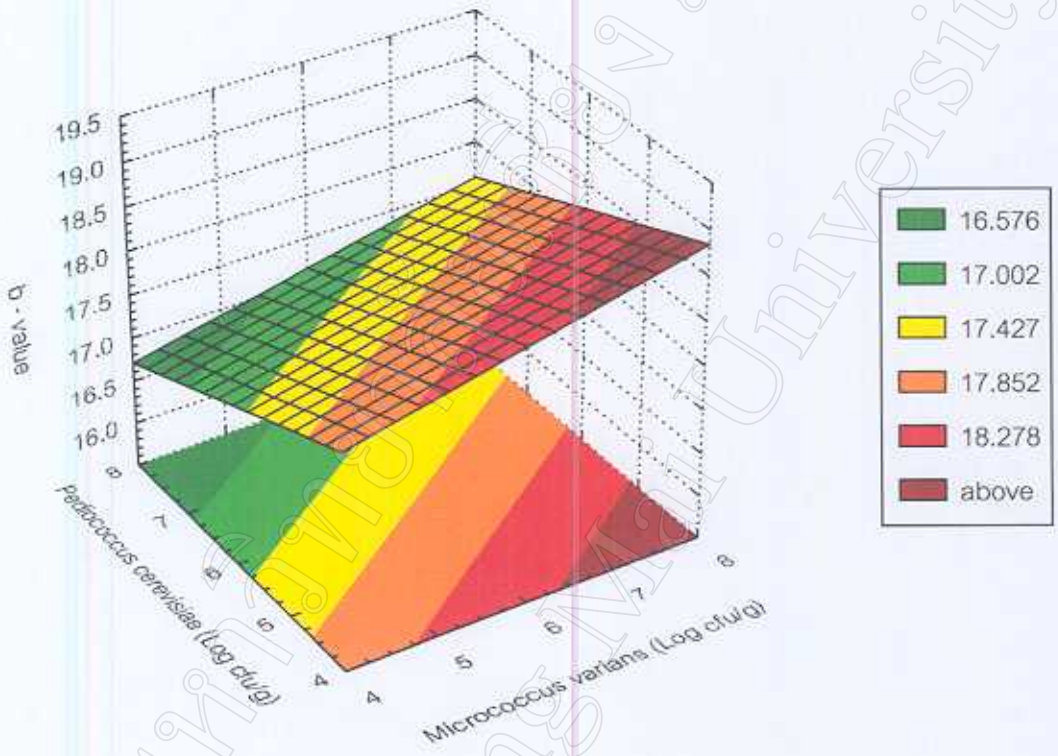
ภาพ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ *Micrococcus varians* และค่าสี L ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



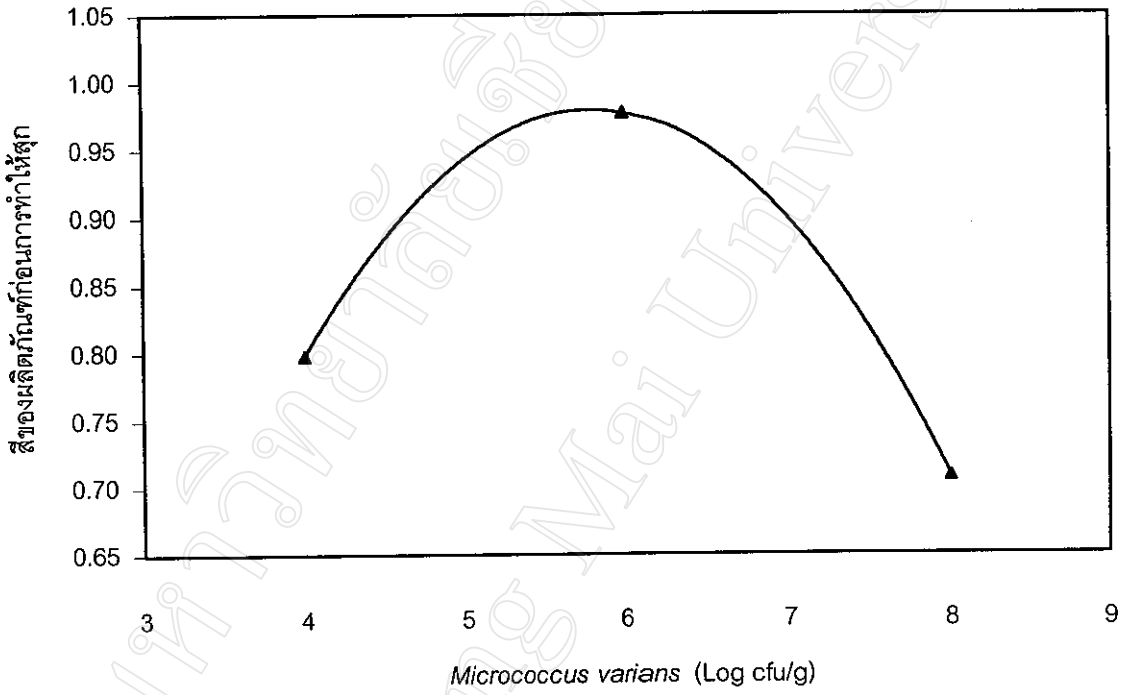
ภาพ 4.10 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี a ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว เมื่อผันแปรปริมาณ *Micrococcus varians* และปริมาณ *Pediococcus cerevisiae*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



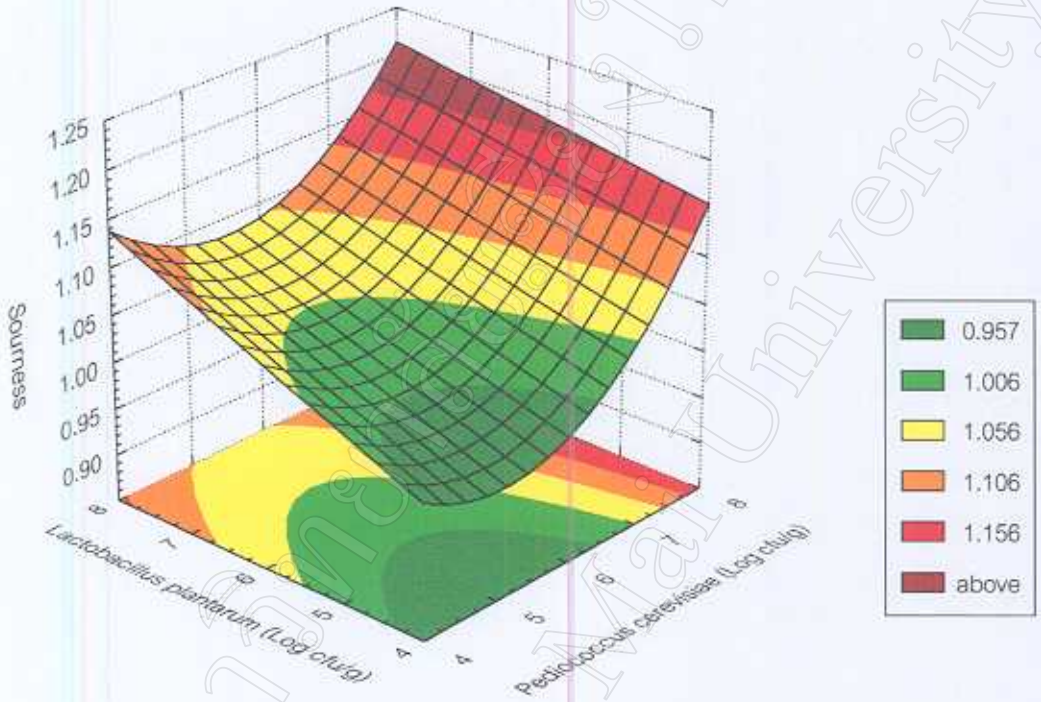
ภาพ 4.11 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี b ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว เมื่อผันแปรปริมาณ *Micrococcus varians* และปริมาณ *Pediococcus cerevisiae*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



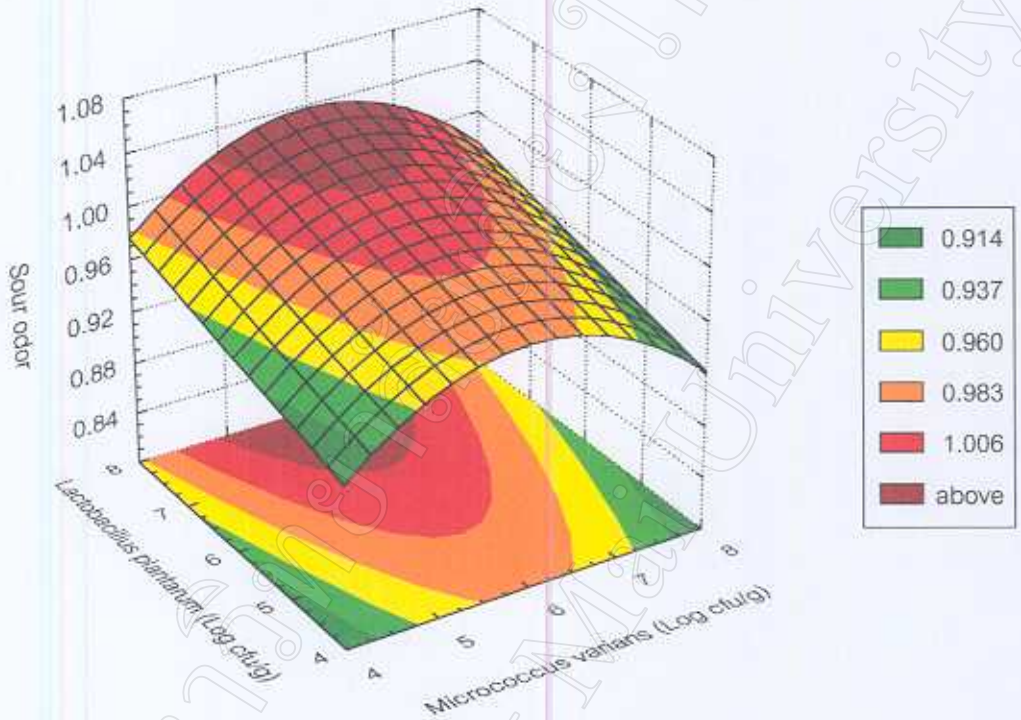
ภาพ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ *Micrococcus varians* และการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



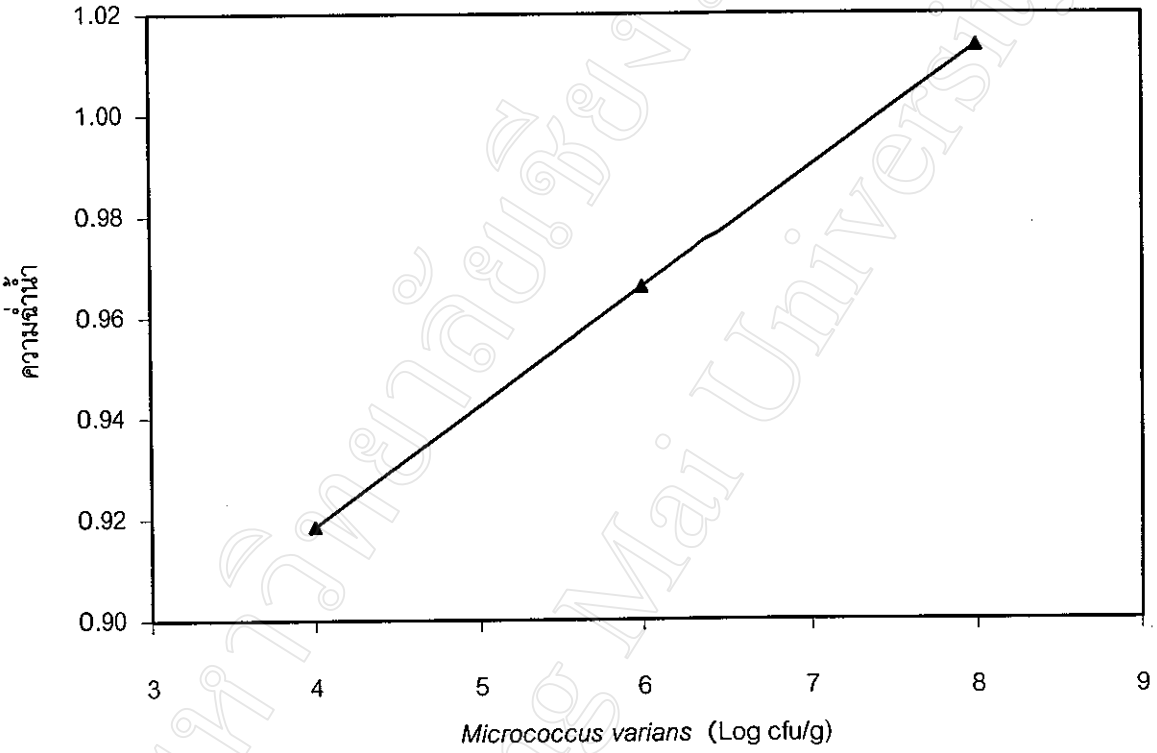
ภาพ 4.13 กราฟพื้นที่การตอบสนองของการยอมรับด้านรสเปรี้ยว เมื่อผันแปรปริมาณ *Pediococcus cerevisiae* และปริมาณ *Lactobacillus plantarum*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.14 กราฟพื้นที่การตอบสนองของการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยว เมื่อผันแปรปริมาณ *Micrococcus varians* และปริมาณ *Lactobacillus plantarum*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University



ภาพ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ *Micrococcus varians* และการยอมรับด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

4.2.3 ศึกษาอัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

ส่วนผสมหลักในสูตรผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวประกอบด้วย เนื้อหมู มันแข็ง และข้าวเหนียว ซึ่งจำเป็นต้องหาอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2539) และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป XVERT ในการผันแปรและเลือกสิ่งทดลองที่อยู่ภายใต้ขอบเขตของระดับตัวแปรที่กำหนด

ผลของ Mixture design ที่ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป XVERT สามารถนำมาใช้เป็นสิ่งทดลองได้ดังตาราง 4.23

ตาราง 4.23 สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลอง	เนื้อหมู (ร้อยละ)	มันแข็ง (ร้อยละ)	ข้าวเหนียว (ร้อยละ)
1	65	15	20
2	45	35	20
3	45	15	40
4	35	35	30
5	35	25	40
ระดับต่ำ	35	15	20
ระดับสูง	80	35	40

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส แสดงดังตาราง 4.24, 4.25 และ 4.26 ตามลำดับ

ตาราง 4.24 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละคิดเทียบกรดแลคติค)
1	5.01±0.01	0.56±0.08
2	4.91±0.06	0.58±0.02
3	4.42±0.05	0.75±0.03
4	4.77±0.02	0.60±0.02
5	4.44±0.04	0.73±0.02

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 4.25 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลอง	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)
1	59.27±0.22	11.51±0.11	16.89±0.07	24.91±0.27
2	59.44±0.27	10.57±0.02	17.33±0.06	21.32±0.36
3	64.29±0.38	10.26±0.32	18.40±0.26	18.91±0.24
4	66.47±0.20	9.97±0.17	18.42±0.09	20.64±0.31
5	67.48±0.34	9.60±0.36	18.76±0.31	18.68±0.15

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 4.26 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลอง	สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก	สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก	รสเค็ม	รสเปรี้ยว
1	0.93±0.09	1.00±0.17	1.00±0.09	0.92±0.18
2	1.01±0.09	1.13±0.15	0.98±0.21	0.79±0.21
3	0.97±0.19	0.94±0.13	0.92±0.15	0.81±0.22
4	0.87±0.18	0.86±0.11	0.90±0.21	0.83±0.20
5	0.94±0.15	1.02±0.19	0.87±0.20	0.81±0.17

สิ่งทดลอง	กลิ่นเปรี้ยว	ความเหนียว	ความฉ่ำน้ำ
1	1.03±0.10	1.00±0.06	0.96±0.07
2	0.92±0.18	0.90±0.19	1.10±0.11
3	0.92±0.14	0.82±0.31	1.13±0.21
4	0.88±0.15	0.79±0.30	1.10±0.17
5	0.91±0.15	0.87±0.30	1.15±0.16

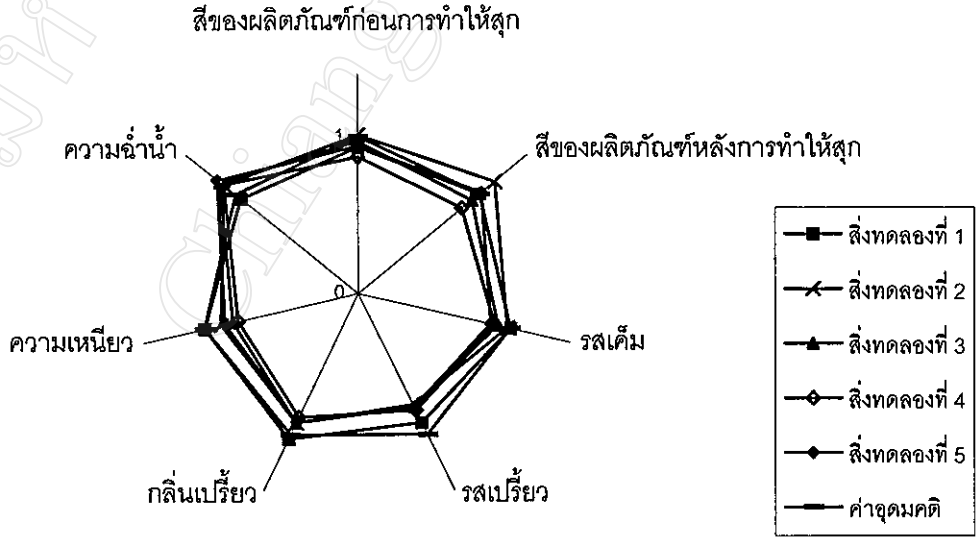
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 4.24 แสดงให้เห็นว่าการผันแปรอัตราส่วนของส่วนประกอบในส่วนผสมหลักมีผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติค โดยค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะมีค่าอยู่ในช่วง 4.42-5.01 และมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคในช่วงร้อยละ 0.56-0.75 จากการพิจารณาอัตราส่วนของส่วนประกอบในส่วนผสมหลักพบว่าสิ่งทดลองที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำและมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคสูงจะมีข้าวเหนียวเป็นส่วนประกอบอยู่สูง คือ ร้อยละ 40 ทั้งนี้เนื่องจากข้าวเหนียวสามารถเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตสำหรับแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้จึงส่งผลให้มีปริมาณกรดแลคติคเพิ่มขึ้นซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำลง

ตาราง 4.25 ค่าสี L, a, b และค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสิ่งทดลองทั้ง 5 สิ่งทดลองมีความแตกต่างกัน โดยค่าสี L (ความสว่าง) จะมีค่าอยู่ในช่วง 59.27-67.48 จากการ

พิจารณาอัตราส่วนของส่วนประกอบในส่วนผสมหลักพบว่า สิ่งทดลองที่มีค่าสี L สูงจะมีอัตราส่วนของมันแข็งและข้าวเหนียวอยู่มาก เนื่องจากมันแข็งและข้าวเหนียวมีสีค่อนข้างขาวจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสว่างหรือค่าสี L สูงกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ ในด้านค่าสี a (สีแดง-เขียว) พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 9.60-11.51 โดยสิ่งทดลองที่มีค่าสี a สูง คือ สิ่งทดลองที่มีเนื้อหมูเป็นส่วนประกอบอยู่มากเนื่องจากเนื้อหมูมีสีออกแดง และค่าสี b ของสิ่งทดลองทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 16.89-18.76 ส่วนค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์พบว่าอยู่ในช่วง 18.68-24.91 นิวตัน โดยสิ่งทดลองที่มีค่าแรงเฉือนสูง คือ สิ่งทดลองที่มีอัตราส่วนของเนื้อหมูอยู่มากทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความแน่นและเหนียวขึ้น ส่งผลให้ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น

ตาราง 4.26 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design ซึ่งเมื่อนำมาสร้างเป็นกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ดังภาพ 4.16 จะเห็นว่าแต่ละสิ่งทดลองมีคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในแต่ละด้านที่ดีแตกต่างกันไป สาเหตุเนื่องจากสิ่งทดลองต่าง ๆ นั้นได้มีการผันแปรอัตราส่วนของส่วนประกอบในส่วนผสมหลัก การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลักดังกล่าวจึงใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ



ภาพ 4.16 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลักจะนำข้อมูลคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้มาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างอัตราส่วนของส่วนประกอบในส่วนผสมหลักที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่าง ๆ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละด้านกับส่วนประกอบในส่วนผสมหลักครั้งละสองปัจจัย รวมทั้งอิทธิพลร่วม (Interaction) ของสองปัจจัยดังกล่าวด้วย สมการที่ได้จะเป็นสมการที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาคผนวก ง

จากนั้นจึงนำสมการดังกล่าวมาทำ Partial derivatives และใช้เทคนิค Lag range (λ) แล้วจึงนำสมการที่ได้ไปวิเคราะห์หาอัตราส่วนของส่วนประกอบในส่วนผสมหลักที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้น ๆ โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น (POM) ซึ่งเป็นโปรแกรมเชิงเส้นที่ช่วยในการหาอัตราส่วนของส่วนประกอบในส่วนผสมหลักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว โดยอัตราส่วนดังกล่าวจะอยู่ภายใต้ข้อจำกัด (Constrains) ที่กำหนดไว้ การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมแสดงดังตัวอย่าง ง.1 ในภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนประกอบในส่วนผสมหลัก ดังตาราง 4.27

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตาราง 4.27 อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนประกอบในส่วนผสมหลักที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	เนื้อหมู (ร้อยละ)	มันแข็ง (ร้อยละ)	ข้าวเหนียว (ร้อยละ)
สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก	47.89	23.28	28.83
สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก	45.27	23.72	30.99
รสเค็ม	45.87	22.69	31.45
รสเปรี้ยว	45.33	24.87	29.80
กลิ่นเปรี้ยว	47.23	25.13	27.64
ความเหนียว	47.15	22.49	30.36
ความฉ่ำน้ำ	49.14	23.01	27.87
ค่าเฉลี่ย	46.84	23.60	29.56
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.43	1.17	1.49

ตาราง 4.27 อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนประกอบในส่วนผสมหลักมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ได้แก่ สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก รสเค็ม รสเปรี้ยว กลิ่นเปรี้ยว ความเหนียว และความฉ่ำน้ำ ซึ่งเมื่อนำอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละด้านมาหาค่าเฉลี่ยจะได้อัตราส่วนของส่วนผสมหลักที่เหมาะสมคือ เนื้อหมูร้อยละ 46.84 ± 1.43 มันแข็งร้อยละ 23.60 ± 1.17 และข้าวเหนียวร้อยละ 29.56 ± 1.49

4.3 ศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

การทดลองตอนที่ 4.3 เป็นการศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น โดยทำการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการหมักผลิตภัณฑ์ 3 ระดับ ได้แก่ 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

เตรียมผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวด้วยสูตรที่เหมาะสมที่ได้จากผลการทดลองตอนที่ 4.1-4.2 แล้วใช้ระยะเวลาในการหมักผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนด ควบคุมอุณหภูมิในการหมักที่ 30 องศาเซลเซียส ทุกสิ่งทดลอง ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะนำไปวิเคราะห์ทางสถิติหาความแปรปรวนหรือ Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least significant difference (LSD) ดังตาราง 4.28, 4.29 และ 4.30 ตามลำดับ

ตาราง 4.28 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว เมื่อระยะเวลาการหมักต่างกัน

ระยะเวลาหมัก (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละคิดเทียบกรดแลคติค)
24	$4.48^{c}\pm0.02$	$0.73^{a}\pm0.01$
36	$4.10^{b}\pm0.01$	$1.18^{b}\pm0.04$
48	$3.96^{a}\pm0.01$	$1.27^{c}\pm0.04$

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 4.29 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว เมื่อระยะเวลาการหมักต่างกัน

ระยะเวลาหมัก (ชั่วโมง)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)
24	61.90±0.29	10.63±0.20^{b}	17.72±0.18	20.45±0.02
36	62.80±0.15	10.40±0.05^{b}	17.81±0.09	20.24±0.04
48	62.34±0.38	10.03±0.02^{a}	17.94±0.06	20.11±0.23

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดง ในค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 4.30 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว เมื่อระยะเวลาการหมักต่างกัน

ระยะเวลาหมัก (ชั่วโมง)	สีของผลิตภัณฑ์ ก่อนการทำให้สุก	สีของผลิตภัณฑ์ หลังการทำให้สุก	รสเค็ม	รสเปรี้ยว
24	0.98±0.02^{a}	0.99±0.03^{a}	1.08±0.03	0.99±0.01^{a}
36	0.99±0.03^{a}	1.06±0.02^{b}	1.06±0.02	1.10±0.01^{b}
48	1.12±0.02^{b}	1.04±0.03^{b}	1.11±0.02	1.15±0.02^{c}

ระยะเวลาหมัก (ชั่วโมง)	กลิ่นเปรี้ยว	ความเหนียว	ความฉ่ำน้ำ
24	1.05±0.02^{b}	0.97±0.03	1.03±0.02^{b}
36	0.85±0.01^{a}	0.96±0.02	0.98±0.01^{a}
48	1.08±0.01^{b}	0.97±0.02	1.00±0.02^{ab}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 4.28 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการหมักที่ต่างกันทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวมีคุณภาพทางเคมีต่างกัน กล่าวคือเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงและปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ซึ่งใช้เป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในการทดลองนี้ยังคงมีการเจริญเติบโตและสร้างกรดแลคติคออกมาในผลิตภัณฑ์จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ลดลงและมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคที่วิเคราะห์ได้เพิ่มขึ้นนั่นเอง ผลของระยะเวลาการหมักต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคสามารถแสดงดังภาพ 4.17 และ 4.18 ตามลำดับ

ตาราง 4.29 แสดงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเมื่อระยะเวลาการหมักต่างกัน พบว่า ระยะเวลาการหมักไม่มีผลต่อค่าสี L (ความสว่าง) และค่าสี b (สีเหลือง-น้ำเงิน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์มีค่าสี L อยู่ในช่วง 61.90-62.80 และค่าสี b อยู่ในช่วง 17.72-17.94

ในทางกลับกันระยะเวลาการหมักที่ต่างกันทำให้ค่าสี a (สีแดง-เขียว) ของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการหมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสี a สูงสุด โดยค่าสี a ของผลิตภัณฑ์ที่หมักนาน 24 และ 36 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่จะแตกต่างกับการหมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวแสดงดังภาพ 4.19

สำหรับค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ พบว่า ระยะเวลาการหมักที่ต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยค่าแรงเฉือนมีค่าอยู่ในช่วง 20.11-20.45 นิวตัน

ตาราง 4.30 แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเมื่อระยะเวลาการหมักต่างกันและภาพ 4.20 แสดงเค้าโครงผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเมื่อระยะเวลาการหมักต่างกัน พบว่า ระยะเวลาการหมักมีผลต่อการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก

สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก รสเปรี้ยว กลิ่นเปรี้ยว และความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนี้

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 24 และ 36 ชั่วโมงจะมีการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกเข้าใกล้ค่าอุดมคติหรือ 1.00 มากที่สุด คือ 0.98 และ 0.99 ตามลำดับ โดยค่าทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

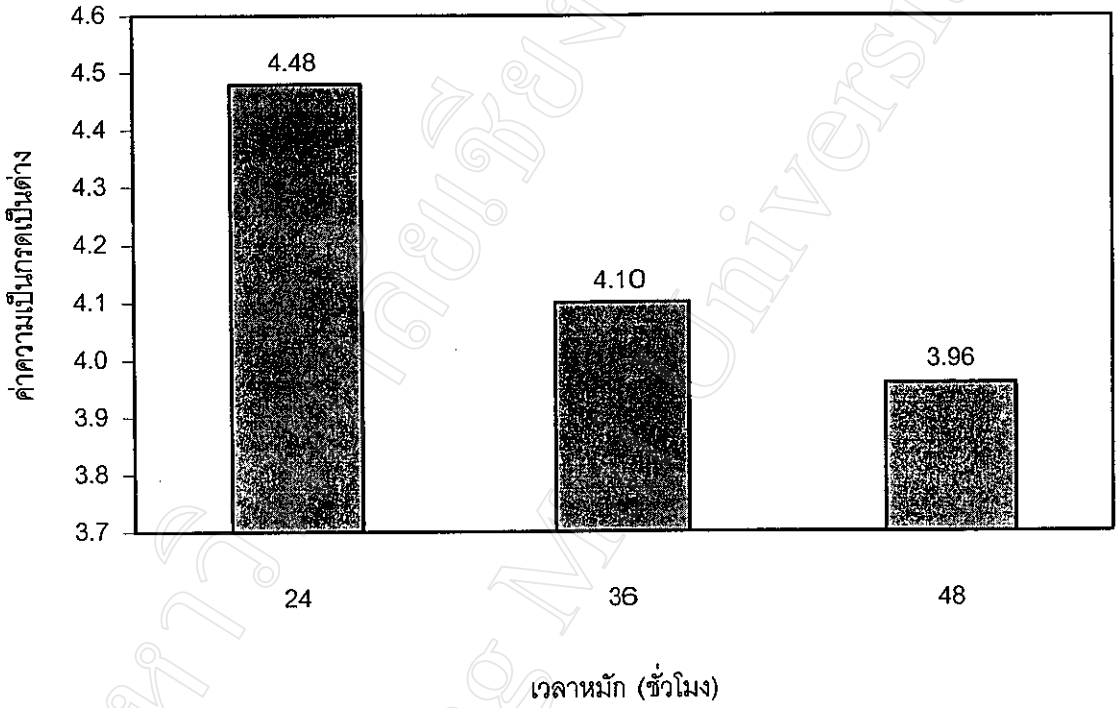
การหมักผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจะทำให้การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุกและรสเปรี้ยวมีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการยอมรับทั้งสองเท่ากับ 0.99

การยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุดและค่าทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) คือ 1.05 และ 1.08 ตามลำดับ แต่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ที่หมักเป็นเวลา 36 ชั่วโมง

การยอมรับด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1.00 และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 24 และ 36 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.03 และ 0.98 ตามลำดับ

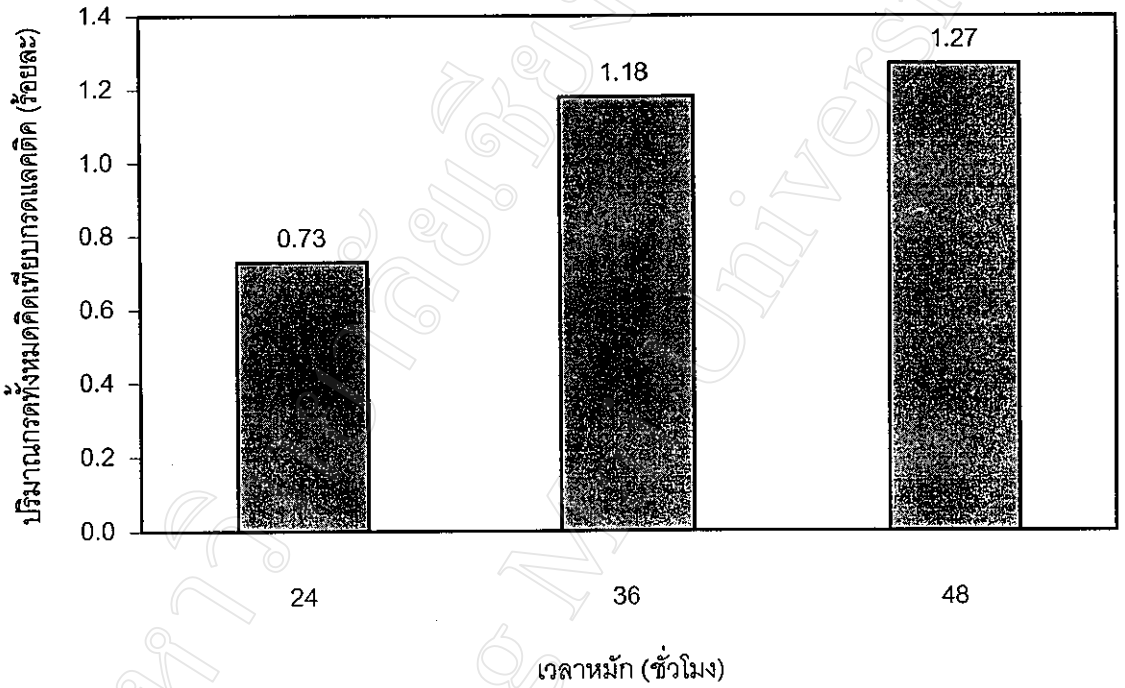
อย่างไรก็ตามพบว่า ระยะเวลาการหมักที่ต่างกันไม่มีผลต่อการยอมรับด้านรสเค็มและความเหนียวของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การหมักผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสที่ดี ซึ่งระยะเวลาการหมักดังกล่าวจะช่วยลดต้นทุนและสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตให้มากขึ้นได้

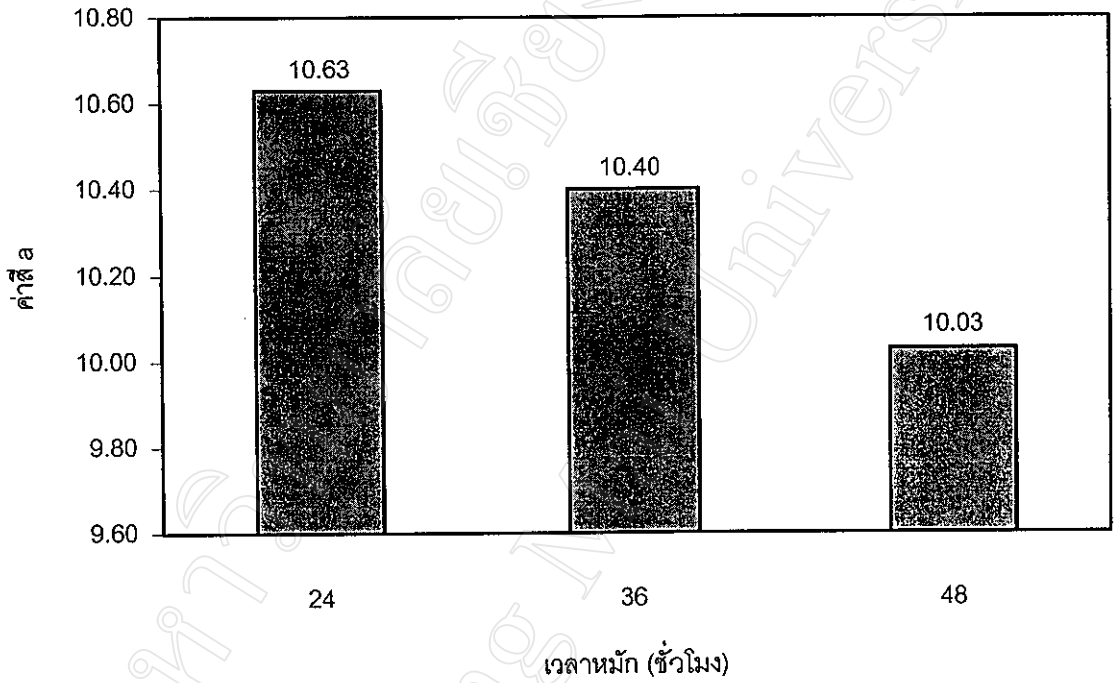


ภาพ 4.17 ผลของระยะเวลาการหมักต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

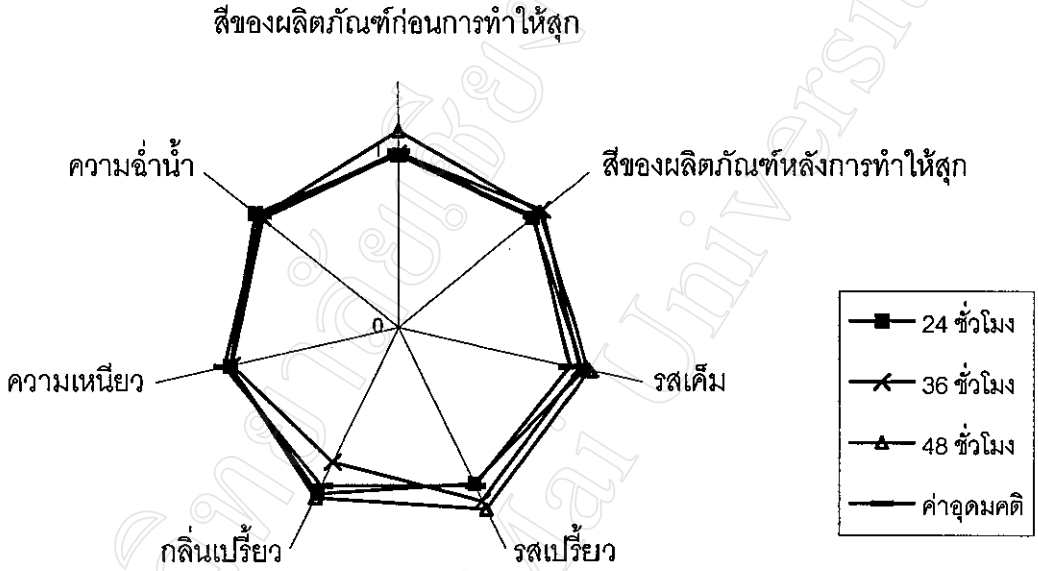


ภาพ 4.18 ผลของระยะเวลาการหมักต่อปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว



ภาพ 4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว เมื่อระยะเวลาการหมักต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.20 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว เมื่อระยะเวลาการหมักต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

4.4 ศึกษาการใช้สารเคมีและการบรรจุเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

การใช้สารเคมีและการบรรจุเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในการทดลองนี้แบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 4.4.1 ทำการหาปริมาณและวิธีการใช้สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว แล้วทำการศึกษาถึงผลของสารเคมีดังกล่าวและวิธีการบรรจุต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ต่อไปในการทดลองตอนที่ 4.4.2

4.4.1 ศึกษาปริมาณและวิธีการใช้สารเคมียืดอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

การใช้สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวจำเป็นต้องทราบปริมาณความเข้มข้นและวิธีการใช้ที่เหมาะสม ในการทดลองนี้มีวิธีการใช้สารเคมีเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาคือ นำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ได้จากสูตรการผลิตที่เหมาะสมจากการทดลองตอนที่ 4.1 และ 4.2 มาจุ่มลงในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทที่มีความเข้มข้นเหมาะสม แล้วนำไปหมักด้วยกระบวนการที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองตอนที่ 4.3

ในการทดลองหาปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและเวลาในการจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในสารละลายดังกล่าวที่เหมาะสม ใช้การวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment in central composite design ซึ่งแต่ละปัจจัยมี 5 ระดับ คือ ระดับต่ำสุด ($-\alpha$), ระดับต่ำ(-1), ระดับกึ่งกลาง(0), ระดับสูง(+1) และระดับสูงสุด($+\alpha$) เมื่อ α เท่ากับ 1.414 ซึ่งสามารถคำนวณได้เช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 4.2.1 ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและเวลาในการจุ่มผลิตภัณฑ์แสดงดังตาราง 4.31

ตาราง 4.31 ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและเวลาการจุ่มผลิตภัณฑ์ระดับต่างๆ ที่ใช้

ปัจจัย/ระดับ	ต่ำสุด ($-\alpha$)	ต่ำ (-1)	กึ่งกลาง (0)	สูง (+1)	สูงสุด ($+\alpha$)
A	2.00	3.17	6.00	8.83	10.00
B	1.00	1.15	1.50	1.85	2.00

หมายเหตุ : A คือ ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท (ร้อยละ)

B คือ เวลาการจุ่มผลิตภัณฑ์ (นาที)

ระดับของปัจจัยศึกษาข้างต้นและการวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment in central composite design ได้สิ่งทดลองดังนี้

ตาราง 4.32 สิ่งทดลองในการหาระดับของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและเวลาการจุ่มผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

สิ่งทดลอง	รหัส	สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท (ร้อยละ)	เวลาการจุ่มผลิตภัณฑ์ (นาที)
1	(1)	3.17	1.15
2	a	8.83	1.15
3	b	3.17	1.85
4	ab	8.83	1.85
5	$-\alpha a$	2.00	1.50
6	$+\alpha a$	10.00	1.50
7	$-\alpha b$	6.00	1.00
8	$+\alpha b$	6.00	2.00
9	cp_1	6.00	1.50
10	cp_2	6.00	1.50
11	cp_3	6.00	1.50

หมายเหตุ : a คือ ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท (ร้อยละ)
b คือ เวลาการจุ่มผลิตภัณฑ์ (นาที)
+ คือ ระดับสูง - คือ ระดับต่ำ
(1) คือ ควบคุม cp_1, cp_2 และ cp_3 คือ ระดับกึ่งกลาง

นำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตจากสูตรที่เหมาะสมจุ่มลงในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทในระดับความเข้มข้นและเวลาในการจุ่มผลิตภัณฑ์ตามสิ่งทดลองข้างต้นแล้วนำไปหมักที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทุกสิ่งทดลองไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดซอร์บิคที่เหลือในผลิตภัณฑ์ ได้ผลแสดงดังตาราง 4.33

ตาราง 4.33 ปริมาณกรดซอร์บิคที่วิเคราะห์ได้จากสิ่งทดลองทั้งหมด

สิ่งทดลอง	รหัส	ปริมาณกรดซอร์บิค (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
1	(1)	902.41±1.55
2	a	1,279.61±1.13
3	b	906.62±0.74
4	ab	1,285.30±0.74
5	-αa	471.50±2.57
6	+αa	1,367.23±0.86
7	-αb	1,111.80±1.55
8	+αb	1,123.68±1.13
9	cp_1	1,122.69±0.74
10	cp_2	1,126.40±1.96
11	cp_3	1,116.75±0.74

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a คือ ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท (ร้อยละ)

b คือ เวลาการจุ่มผลิตภัณฑ์ (นาที)

\+ คือ ระดับสูง - คือ ระดับต่ำ

(1) คือ ควบคุม cp_1, cp_2 และ cp_3 คือ ระดับกึ่งกลาง

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและเวลาในการจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในสารละลายที่เหมาะสมดังนี้

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์ ค่าวิเคราะห์ที่ได้จะนำไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 สมการถดถอยที่ยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) ที่วิเคราะห์ได้มีดังนี้

ตาราง 4.34 สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส (Coded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์

สมการถดถอยยังไม่ถอดรหัส	R^2
ปริมาณกรดซอร์บิค = $1,137.59900 + 252.84400(S) - 87.46300(S)^2$	0.9250

หมายเหตุ : S คือ ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท (ร้อยละ)

เมื่อทำการถอดรหัสสมการ จะได้สมการดังนี้

ตาราง 4.35 สมการถดถอยถอดรหัส (Decoded equation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์

สมการถดถอยถอดรหัส	R^2
ปริมาณกรดซอร์บิค = $561.54125 + 128.80825(S) - 5.46643(S)^2$	0.9250

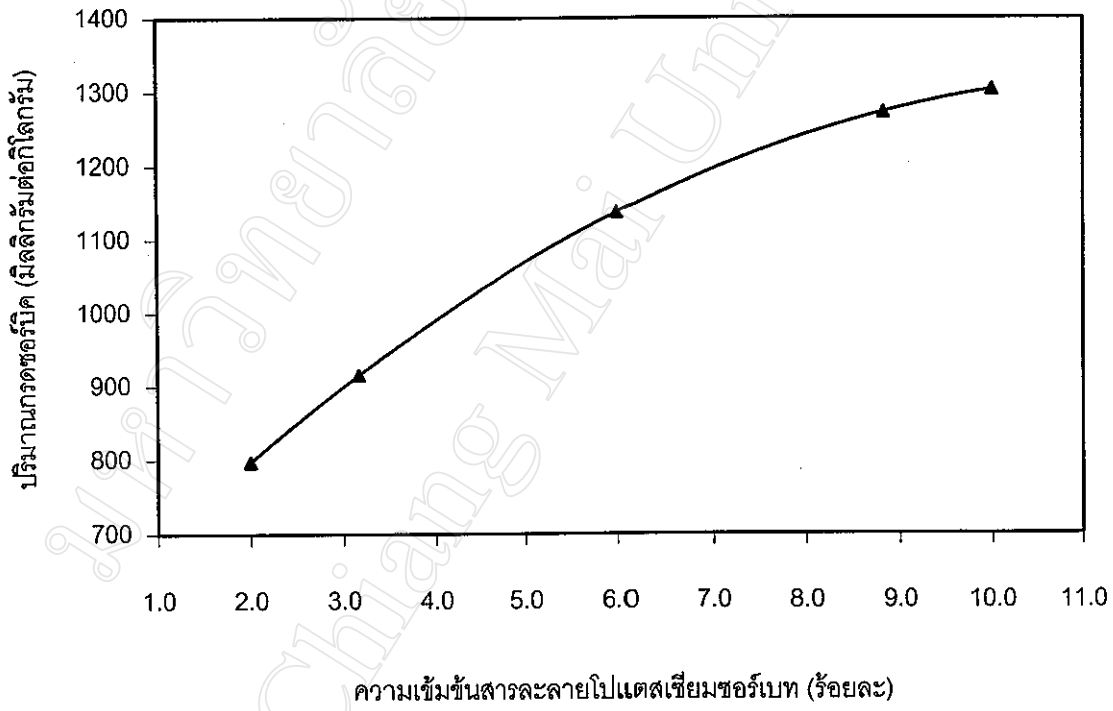
หมายเหตุ : S คือ ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท (ร้อยละ)

ในสมการถดถอยข้างต้น ปริมาณกรดซอร์บิคขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทที่ใช้เพียงอย่างเดียว โดยมีความสัมพันธ์กันแบบสมการกำลังสอง (Quadratic equation) ในช่วงความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทร้อยละ 2-10 เวลาในการจุ่มผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ไม่ว่าจะใช้เวลาในการจุ่มผลิตภัณฑ์นานเท่าใดในช่วง 1-2 นาที ปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกัน

ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในอาหารได้ในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักอาหาร 1 กิโลกรัม (กระทรวงสาธารณสุข, 2527) ดังนั้นในการทดลองนี้สามารถวิเคราะห์หาวิธีใช้โปแตสเซียมซอร์เบทสำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในปริมาณที่ไม่เกินมาตรฐานกำหนดได้โดยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์ ดังภาพ 4.21 จะเห็นว่า กราฟความสัมพันธ์มีลักษณะเป็นเส้นโค้งของสมการกำลังสอง โดยลักษณะของกราฟความสัมพันธ์ที่ได้นี้จะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์ซึ่ง

ขึ้นอยู่กับระบบของผลิตภัณฑ์ชนิดนั้น ๆ เมื่อพิจารณากราฟที่ได้พบว่า การจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 3.5 ในช่วงเวลา 1-2 นาที จะทำให้มีปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์เหมาะสมที่สุดคือ 945.406 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ดังนั้นการทดลองต่อไปกำหนดให้ใช้สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 3.5 และใช้เวลาในการจุ่มผลิตภัณฑ์เท่ากับ 1 นาที เพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการผลิต



ภาพ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์

4.4.2 ศึกษาผลของการใช้สารเคมีและวิธีการบรรจุต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

นำการทดลองตอนที่ 4.1 ถึง 4.4.1 มาศึกษาถึงผลของการใช้สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและวิธีการบรรจุต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว โดยสิ่งทดลองที่ใช้แสดงดังตาราง 4.36

ตาราง 4.36 สิ่งทดลองที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

สิ่งทดลอง	การจุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท	วิธีการบรรจุ
1	ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท	ปิดผนึกธรรมดา
2	ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท	ปิดผนึกสุญญากาศ
3	จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท	ปิดผนึกธรรมดา
4	จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท	ปิดผนึกสุญญากาศ

นำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวจุ่มลงในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3.5 แล้วนำไปบรรจุในถุงพลาสติก โดยทำการบรรจุตามสิ่งทดลองในตาราง 4.36 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากนั้นเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณภูมิ 30 องศาเซลเซียส สุ่มวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ทุก 2 วัน ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวทางจุลชีววิทยา เคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสมีดังนี้

การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

ตาราง 4.37 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราที่พบในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกธรรมดา เมื่อเก็บรักษาได้ 2 วัน ลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์บ่งบอกว่าเป็นปกติแต่พบเชื้อราจำนวน 120-150 cfu/g ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องไส้กรอกอีสาน กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวต้องพบเชื้อราไม่เกิน 100 cfu/g (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2537) จึงทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อวันเริ่มต้นและวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเท่านั้น ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะวิเคราะห์

เพียงวันเริ่มต้นการเก็บรักษา สำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาได้ 8 วัน พบเชื้อราจำนวน 580-640 cfu/g จึงทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพเมื่อวันเริ่มต้น, วันที่ 2, 4, 6 และ 8 ของการเก็บรักษา และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อวันเริ่มต้น, วันที่ 2, 4 และ 6 ของการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกธรรมดา เมื่อเก็บรักษาได้ 12 วัน พบเชื้อราจำนวน 440-510 cfu/g ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อวันเริ่มต้น, วันที่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ของการเก็บรักษา และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อวันเริ่มต้น, วันที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 ของการเก็บรักษา ส่วนผลิตภัณฑ์ที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศนั้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน พบเชื้อราในปริมาณที่ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดไว้ อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้นาน 10 วัน พบว่า ผู้ทดสอบชิมเริ่มไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ด้านรสเปรี้ยวและการยอมรับโดยรวมเป็นอย่างมาก จึงทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อวันเริ่มต้น, วันที่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ของการเก็บรักษา และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อวันเริ่มต้น, วันที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 ของการเก็บรักษา

ผลที่ได้พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทที่มีการบรรจุรูปแบบเดียวกัน เนื่องจากสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทมีคุณสมบัติในการชะลอการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อันเนื่องมาจากเชื้อรา (Banwart, 1989; Davidson and Branen, 1993) ภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวทุกสิ่งทดลองในระหว่างการเก็บรักษาแสดงในภาคผนวก ก

ตาราง 4.37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	ปริมาณเชื้อรา (cfu/g)						
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน	12 วัน
ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท							
ปิดผนึกธรรมดา	< 30	120-150	1200-1800	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	< 30	< 30	< 30	< 30	580-640	-	-
จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท							
ปิดผนึกธรรมดา	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	440-510
ปิดผนึกสุญญากาศ*	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30

หมายเหตุ : *ไม่พบเชื้อราปริมาณมากกว่า 100 cfu/g เมื่อเก็บรักษาไว้16 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวดังตาราง 4.38 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีค่าสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 4.24 ± 0.02 และมีค่าลดลงเท่ากับ 3.97 ± 0.01 เมื่อเก็บรักษาได้ 2 วัน เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศ ซึ่งจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีค่าสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 4.23 ± 0.02 และเริ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บรักษาได้ 2 วัน จนมีค่าต่ำสุดเมื่อเก็บรักษาได้ 6 และ 8 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.89 ± 0.01 และ 3.88 ± 0.01 ตามลำดับ

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบททั้งที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาและสุญญากาศนั้น พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 4.21 ± 0.01 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.60 ± 0.02 เมื่อเก็บรักษาได้ 12 วัน ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษา เท่ากับ 4.22 ± 0.01 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.58 ± 0.02 เมื่อเก็บรักษาได้ 12 วัน

ผลการทดลองข้างต้นอธิบายว่า เวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวยังคงมีกิจกรรมในการเปลี่ยนแหล่งคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดแลคติค เมื่อพิจารณาภาพ 4.22 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายกัน แสดงว่าการใช้สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและวิธีการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Vichiensanth (1982) ซึ่งศึกษาการใช้สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวและพบว่าการใช้สารเคมีดังกล่าวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์

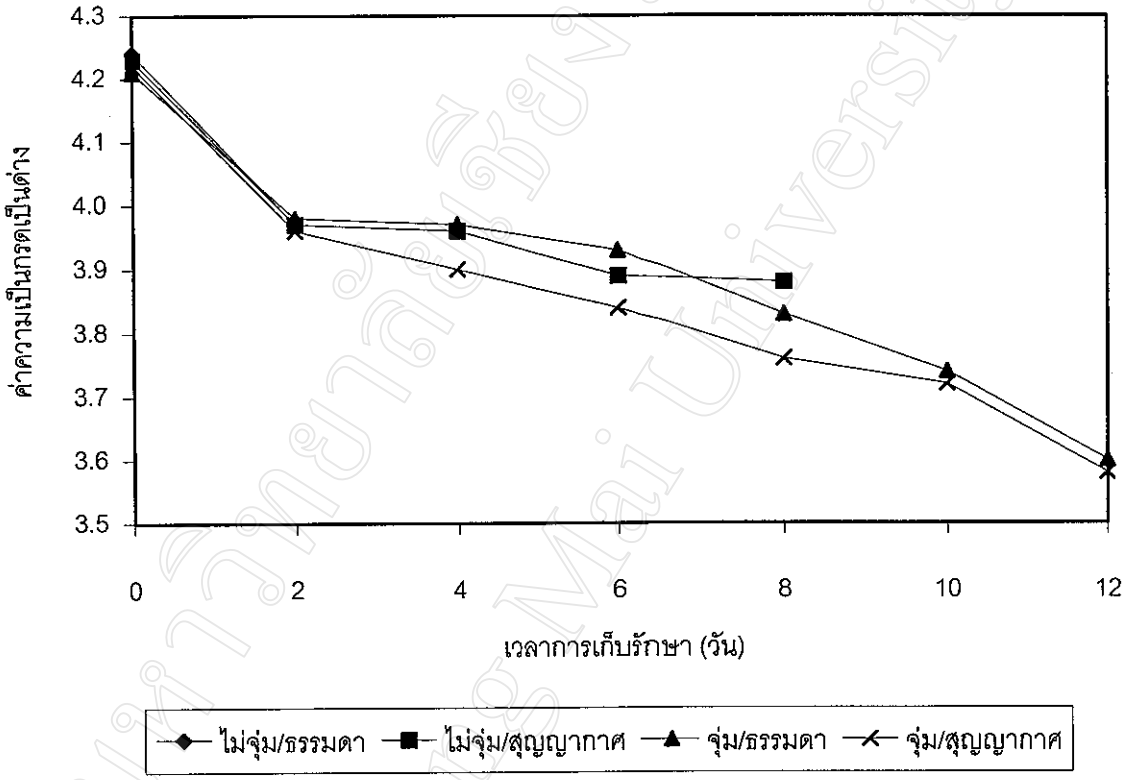
ตาราง 4.38 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง						
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน	12 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	4.24 ± 0.02^{b}	3.97 ± 0.01^{a}	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	4.23 ± 0.02^{c}	3.97 ± 0.02^{b}	3.96 ± 0.01^{b}	3.89 ± 0.01^{a}	3.88 ± 0.01^{a}	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	4.21 ± 0.01^{f}	3.98 ± 0.01^{e}	3.97 ± 0.03^{e}	3.93 ± 0.01^{d}	3.83 ± 0.02^{c}	3.74 ± 0.01^{b}	3.60 ± 0.02^{a}
ปิดผนึกสุญญากาศ	4.22 ± 0.01^{g}	3.96 ± 0.02^{f}	3.90 ± 0.01^{e}	3.84 ± 0.01^{d}	3.76 ± 0.01^{c}	3.72 ± 0.01^{b}	3.58 ± 0.02^{a}

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.22 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคดังแสดงในตาราง 4.39 นั้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ เมื่อปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคเพิ่มขึ้นค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์จะมีค่าลดลง ซึ่งอนุมานได้ว่า ความเป็นกรดส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เกิดจากปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคที่เกิดขึ้น โดยเป็นผลมาจากกิจกรรมของแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ดังกล่าวแล้ว และเมื่อพิจารณาภาพ 4.23 พบว่า ผลิตภัณฑ์ทุกสิ่งทดลองมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและวิธีการบรรจุไม่มีผลต่อกิจกรรมของแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติค (Banwart, 1989; Davidson and Branen, 1993)

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาจะมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคต่ำสุดเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ ร้อยละ 0.77 ± 0.01 และมีค่าสูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 1.20 ± 0.07 เมื่อเก็บรักษาได้ 2 วัน สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศจะมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคต่ำสุดเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ ร้อยละ 0.77 ± 0.03 และเพิ่มสูงขึ้นจนมีค่าสูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 1.92 ± 0.05 เมื่อเก็บรักษาได้ 6 และ 8 วัน

นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบททั้งที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาและสุญญากาศนั้นจะมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคต่ำสุดเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ ร้อยละ 0.77 ± 0.02 และ 0.78 ± 0.02 ตามลำดับ และมีค่าสูงสุดเมื่อเก็บรักษาได้ 12 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 2.45 ± 0.05 และ 2.49 ± 0.07 ตามลำดับ

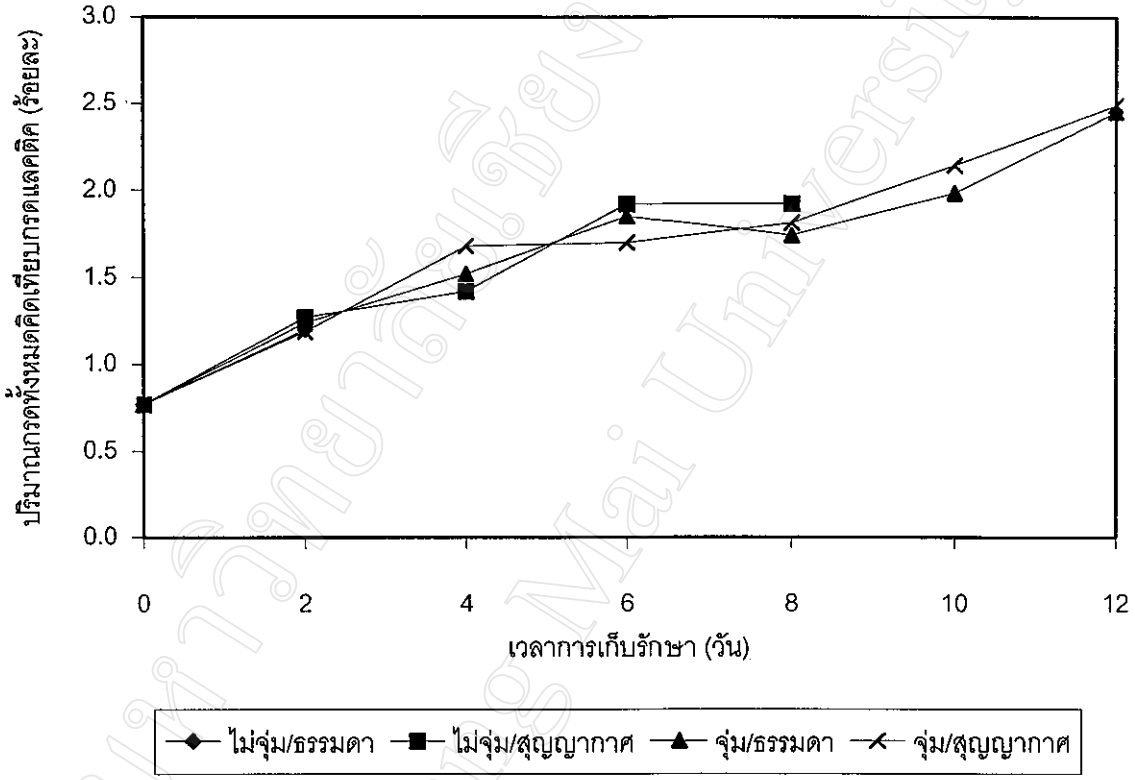
ตาราง 4.39 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	ปริมาณกรดทั้งหมด (คิดเทียบกรดแลคติค) (ร้อยละ)						
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน	12 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	0.77 ± 0.01^{a}	1.20 ± 0.07^{b}	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	0.77 ± 0.03^{a}	1.27 ± 0.02^{b}	1.42 ± 0.05^{c}	1.92 ± 0.05^{d}	1.92 ± 0.05^{d}	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	0.77 ± 0.02^{a}	1.24 ± 0.02^{b}	1.52 ± 0.02^{c}	1.85 ± 0.02^{d}	1.74 ± 0.04^{e}	1.98 ± 0.05^{f}	2.45 ± 0.05^{g}
ปิดผนึกสุญญากาศ	0.78 ± 0.02^{a}	1.19 ± 0.05^{b}	1.68 ± 0.05^{c}	1.70 ± 0.02^{c}	1.81 ± 0.02^{d}	2.14 ± 0.02^{e}	2.49 ± 0.07^{f}

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิคของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิคที่ใช้เพื่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว แสดงในตาราง 4.40 พบว่า เวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณกรดซอร์บิคของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ เมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้ปริมาณกรดซอร์บิคของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้งที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาและสุญญากาศจะมีปริมาณกรดซอร์บิคสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 947.32$\pm$0.43 และ 946.12$\pm$1.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีปริมาณต่ำสุดเมื่อเก็บรักษาได้ 12 วัน โดยมีปริมาณเท่ากับ 95.34$\pm$0.45 และ 197.34$\pm$0.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

การลดลงของปริมาณกรดซอร์บิคเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นนี้ให้ผลสอดคล้องกับ Zamora and Zaritzky (1987) ซึ่งใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในการเก็บรักษาเนื้อวัวที่ 4 องศาเซลเซียส พบว่า การลดลงของปริมาณกรดซอร์บิคเกิดจากกรดซอร์บิคได้ทำหน้าที่ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ และเนื่องจากกรดซอร์บิคมีโครงสร้างเหมือนกรดไขมันไม่อิ่มตัวจึงสามารถสลายตัวได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดเป็นสารประกอบคาร์บอนิลต่าง ๆ ได้แก่ โครโตนัลดีไฮด์ มาโลนัลดีไฮด์ อะเซตัลดีไฮด์ และเบต้าคาร์บอกซิแลคโตลีน (Davidson and Branen, 1993) ซึ่งเมื่อพิจารณาภาพ 4.24 เห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาจะมีปริมาณกรดซอร์บิคเหลือน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

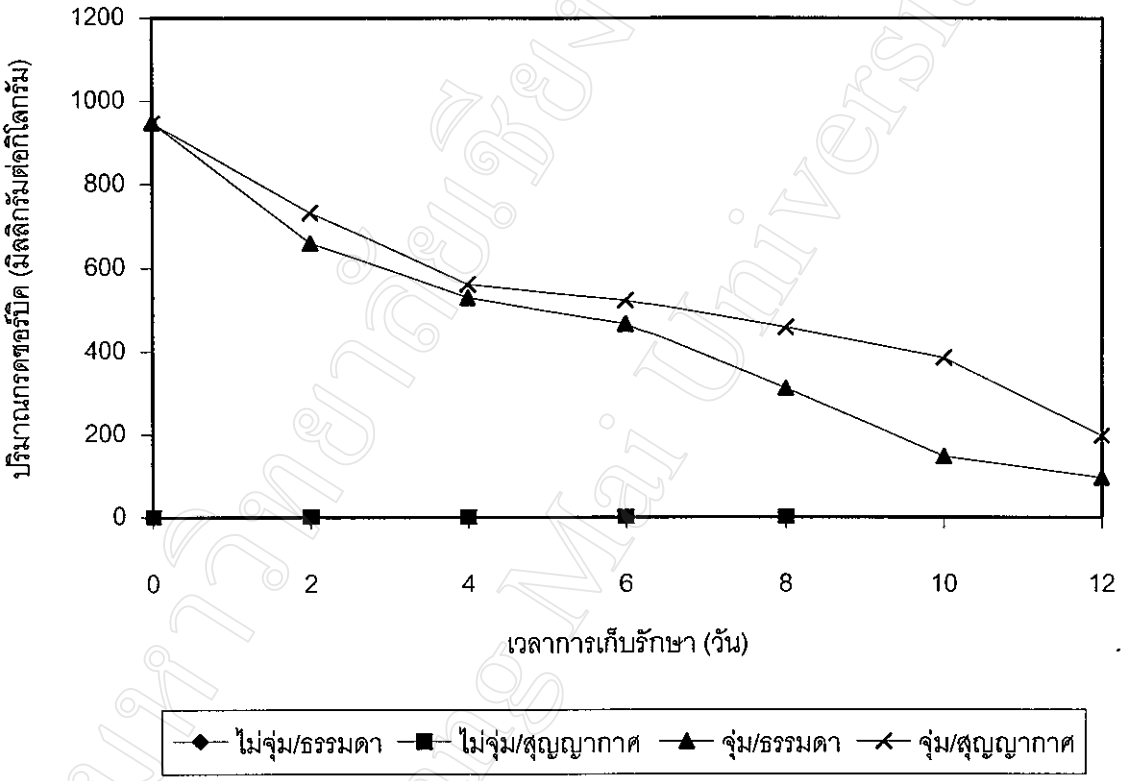
ตาราง 4.40 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิคของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	ปริมาณกรดซอร์บิค (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)						
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน	12 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	-	-	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	-	-	-	-	-	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	947.32 ± 0.43^{g}	659.15 ± 0.45^{f}	529.61 ± 8.45^{e}	466.66 ± 0.43^{d}	311.75 ± 1.21^{c}	147.36 ± 0.43^{b}	95.34 ± 0.45^{a}
ปิดผนึกสุญญากาศ	946.12 ± 1.04^{g}	731.13 ± 0.45^{f}	561.26 ± 1.84^{e}	522.33 ± 6.51^{d}	458.00 ± 0.44^{c}	385.38 ± 0.44^{b}	197.34 ± 0.47^{a}

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.24 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิคของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสี L หรือความสว่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษาดังแสดงในตาราง 4.41 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาจะมีค่าสี L ลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี L จะมีค่าสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 74.37 ± 0.30 และมีค่าลดลงเท่ากับ 72.07 ± 0.47 เมื่อเก็บรักษาได้ 2 วัน เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศ ซึ่งจะมีค่าสี L ลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 74.30 ± 0.32 และมีค่าต่ำสุดเมื่อเก็บรักษาได้ 8 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 68.06 ± 0.14

สำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบททั้งที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาและสุญญากาศ พบว่า เวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งค่าสี L ของผลิตภัณฑ์ทั้งสองสิ่งทดลองจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายกันดังภาพ 4.25 โดยจะมีค่าสี L สูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 75.22 ± 0.25 และ 75.55 ± 0.40 ตามลำดับ จากนั้นค่าสี L ของผลิตภัณฑ์จะเริ่มลดลงจนมีค่าต่ำสุดเมื่อเก็บรักษาได้ 12 วัน เท่ากับ 68.36 ± 0.27 และ 67.85 ± 0.34 ตามลำดับ ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีค่าสี L สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทตลอดช่วงเวลาการเก็บรักษา

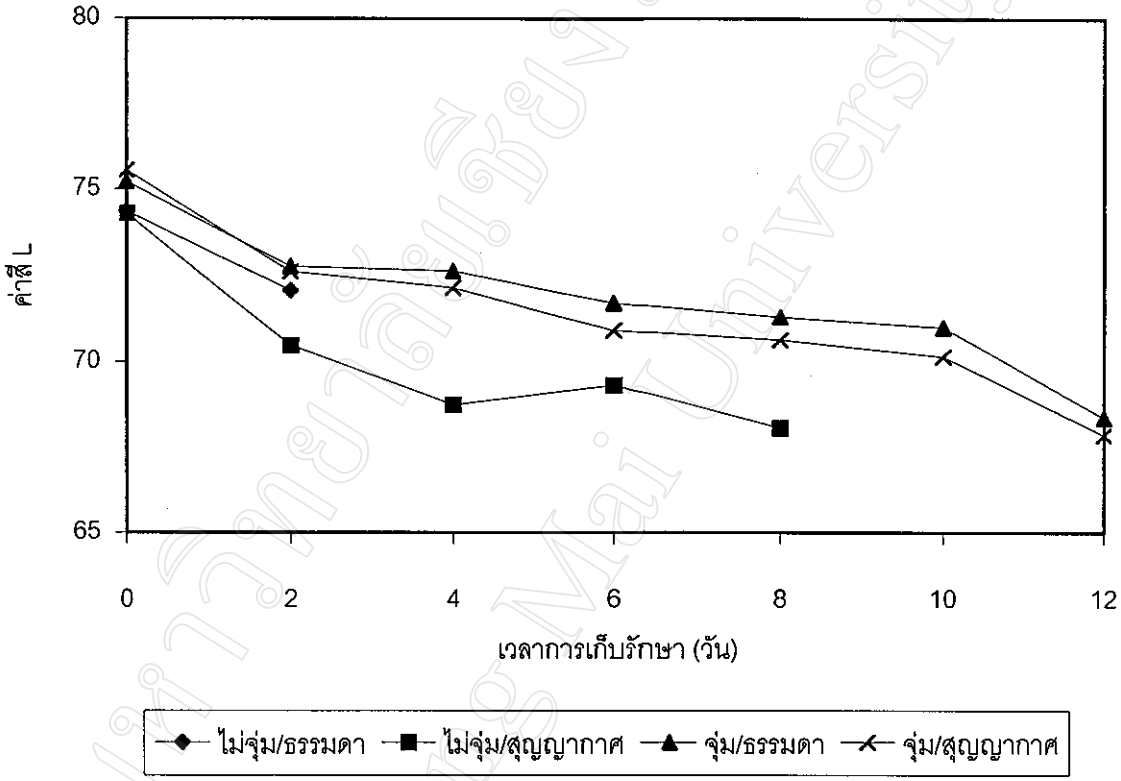
ตาราง 4.41 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	ค่าสี L						
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน	12 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	74.37±0.30^{b}	72.07±0.47^{a}	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	74.30±0.32^{d}	70.47±0.47^{c}	68.73±0.50^{b}	69.31±0.24^{b}	68.06±0.14^{a}	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	75.22±0.25^{e}	72.77±0.43^{d}	72.64±0.21^{d}	71.71±0.05^{c}	71.30±0.28^{bc}	71.00±0.40^{b}	68.36±0.27^{a}
ปิดผนึกสุญญากาศ	75.55±0.40^{e}	72.62±0.21^{d}	72.15±0.15^{d}	70.91±0.11^{c}	70.63±0.44^{bc}	70.15±0.43^{b}	67.85±0.34^{a}

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.25 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษาดังแสดงในตาราง 4.42 ซึ่งเมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่า เวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดา แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าต่ำสุดเมื่อเก็บรักษาได้ 4 และ 6 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.78 ± 0.12 และ 9.82 ± 0.20 ตามลำดับ และมีค่าสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาและเมื่อเก็บรักษาได้ 8 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.48 ± 0.47 และ 10.65 ± 0.13 ตามลำดับ

สำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบททั้งที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาและสุญญากาศ พบว่า เวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดานั้นจะมีค่าสี a ต่ำสุดเมื่อเก็บรักษาได้ 6 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.50 ± 0.41 และมีค่าสูงสุดเมื่อเก็บรักษาได้ 10 และ 12 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.16 ± 0.22 และ 10.21 ± 0.27 ตามลำดับ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศนั้นจะมีค่าสี a ต่ำสุดเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 9.97 ± 0.33 และมีค่าสูงสุดเมื่อเก็บรักษาได้ 10 และ 12 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.54 ± 0.17 และ 10.74 ± 0.16 และเมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าสี a ดังภาพ 4.26 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาจะมีค่าสี a ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศ ทั้งนี้อาจเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาทำให้สีแดงของผลิตภัณฑ์ซีดจางลงกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศ

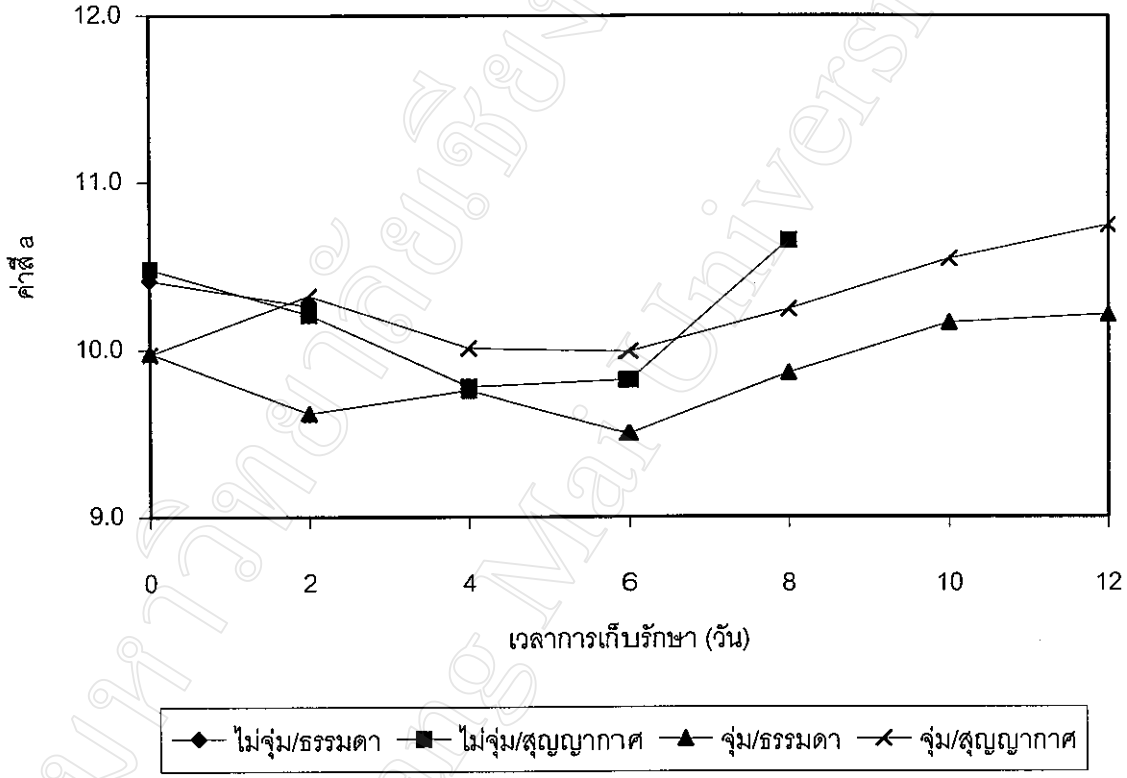
ตาราง 4.42 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	ค่าสี a						
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน	12 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	10.41±0.40	10.26±0.18	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	10.48±0.47^{b}	10.21±0.22^{ab}	9.78±0.12^{a}	9.82±0.20^{a}	10.65±0.13^{b}	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	9.98±0.33^{bc}	9.62±0.27^{ab}	9.76±0.14^{abc}	9.50±0.41^{a}	9.86±0.02^{abc}	10.16±0.22^{c}	10.21±0.27^{c}
ปิดผนึกสุญญากาศ	9.97±0.33^{a}	10.32±0.15^{bc}	10.01±0.12^{ab}	9.99±0.10^{b}	10.24±0.19^{abc}	10.54±0.17^{cd}	10.74±0.16^{d}

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.26 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา ดังตาราง 4.43 พบว่า เวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวทุกสิ่งทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกธรรมดา โดยแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์จะมีค่าสี b ค่อนข้างคงที่ แต่หลังจากนั้นค่าสี b จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเริ่มคงที่อีกครั้งในช่วงวันที่ 6-12 ของการเก็บรักษา ดังภาพ 4.27

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

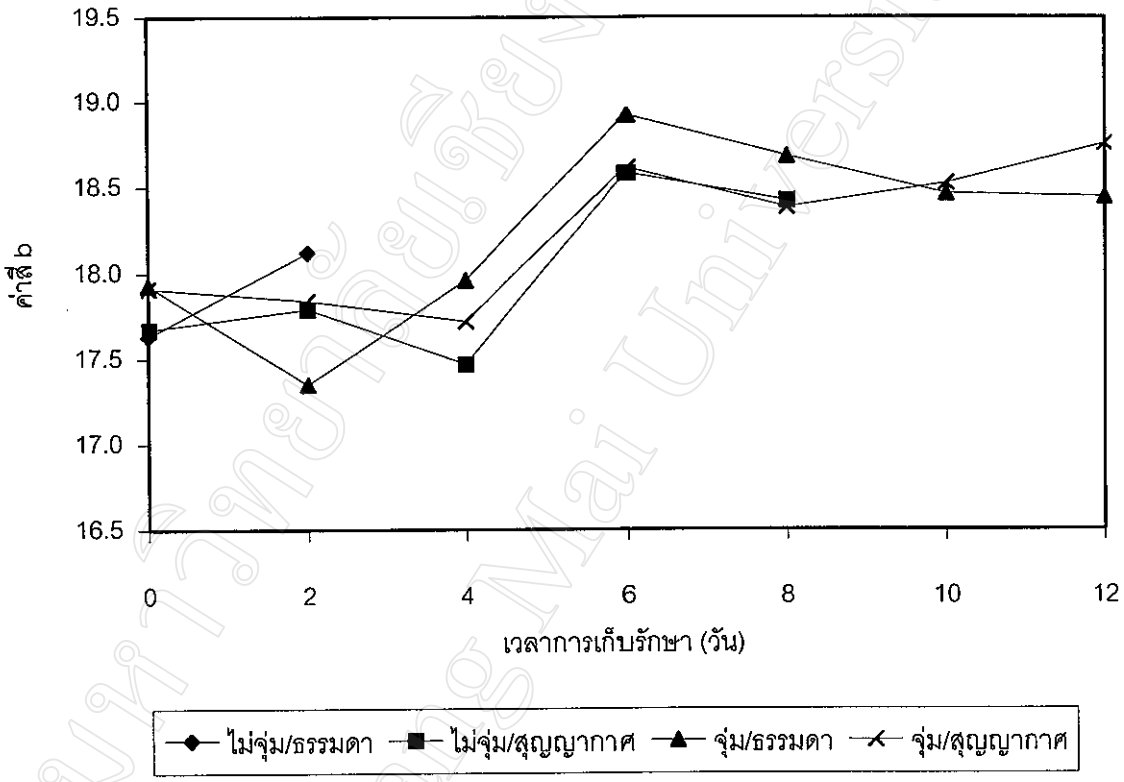
ตาราง 4.43 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	ค่าสี b						
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน	12 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	17.63±0.33	18.12±0.14	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	17.67±0.40^{a}	17.79±0.17^{a}	17.47±0.18^{a}	18.58±0.21^{b}	18.42±0.06^{b}	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	17.93±0.46^{b}	17.35±0.30^{a}	17.96±0.10^{b}	18.92±0.12^{d}	18.68±0.22^{cd}	18.46±0.19^{c}	18.44±0.03^{c}
ปิดผนึกสุญญากาศ	17.91±0.49^{abc}	17.84±0.48^{ab}	17.72±0.39^{a}	18.61±0.22^{d}	18.38±0.08^{bcd}	18.52±0.37^{cd}	18.75±0.23^{d}

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.27 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

ในตาราง 4.44 และภาพ 4.28 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า เวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวทุกสิ่งทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นผลิตภัณฑ์ที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกธรรมดา โดยแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์มีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์จะมีค่าแรงเฉือนสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้นและวันที่ 2 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์จะลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา แล้วจึงค่อย ๆ ลดลงอีกเล็กน้อยในช่วงวันที่ 4-12 ของการเก็บรักษา การลดลงของค่าแรงเฉือนอาจเนื่องมาจากแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ยังคงมีกิจกรรมในการผลิตกรดอยู่ ซึ่งกรดที่ผลิตขึ้นนี้ทำให้ในระบบเกิดเป็นลักษณะของเหลวในผลิตภัณฑ์ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปผ่านความร้อนเพื่อทำให้สุกก่อนทำการวัดค่าแรงเฉือนจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าแรงเฉือนลดลง และอาจเนื่องจากโครงสร้างของโปรตีนโดยเฉพาะพันธะเปปไทด์สามารถถูกทำลายได้ด้วยเอนไซม์โปรติโอไลติค (Proteolytic enzyme) ของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมักพบเหตุการณ์เช่นนี้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักทั่วไป (ไพโรจน์ และคณะ, 2539)

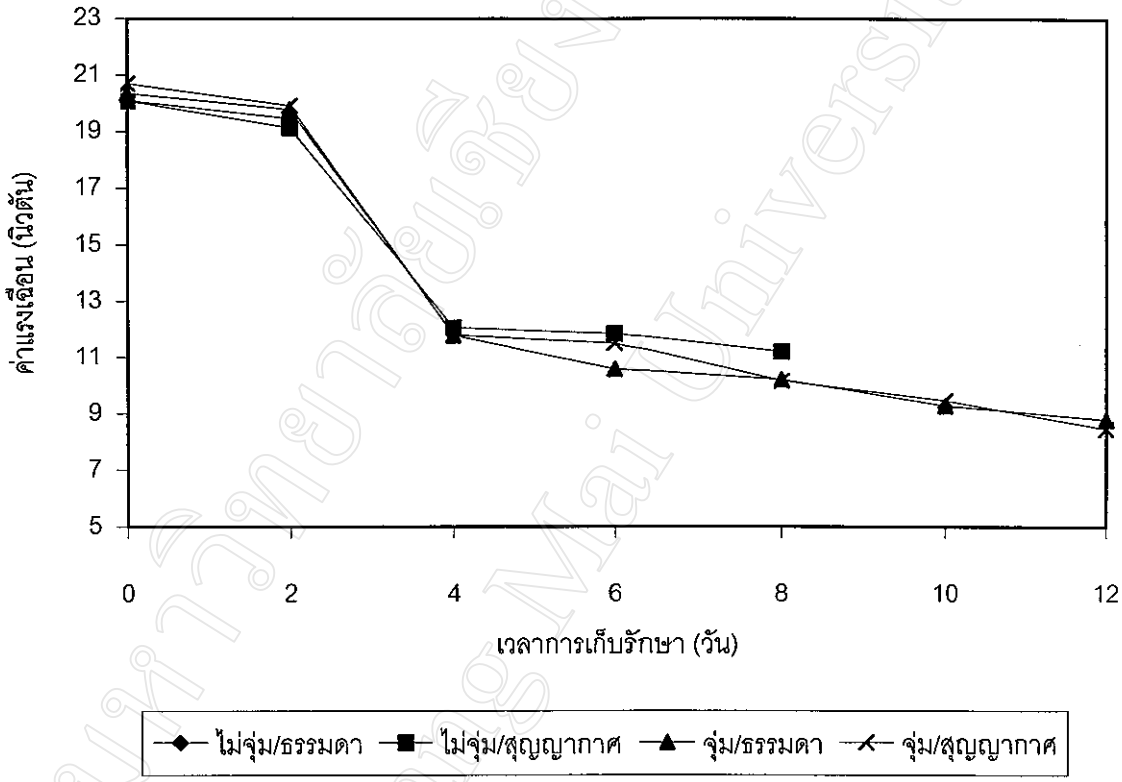
ตาราง 4.44 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)						
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน	12 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	20.10±0.26	19.46±0.36	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	20.08±0.11^{d}	19.13±0.33^{c}	12.06±0.34^{b}	11.84±0.20^{b}	11.19±0.45^{a}	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>							
ปิดผนึกธรรมดา	20.35±0.27^{b}	19.77±0.45^{b}	11.78±0.44^{c}	10.58±0.11^{b}	10.19±0.19^{b}	9.27±0.21^{a}	8.78±0.47^{a}
ปิดผนึกสุญญากาศ	20.69±0.40^{f}	19.91±0.24^{e}	11.79±0.23^{d}	11.50±0.40^{d}	10.15±0.29^{c}	9.45±0.37^{b}	8.46±0.13^{a}

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.28 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวก่อนการทำให้สุกในระหว่างการเก็บรักษา

ตาราง 4.45 แสดงการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวก่อนการทำให้สุกในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่ไม่จุ่มในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศ พบว่า เวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แม้ว่าค่าวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L, a และ b จะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อการเก็บรักษานานขึ้นก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากผู้ทดสอบชิมอาจแยกความแตกต่างได้ไม่มากนัก ผลการพิจารณาภาพ 4.29 โดยรวมแล้วผลิตภัณฑ์ที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศจะมีการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกใกล้เคียงค่าอุดมคติหรือ 1.00 มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบททั้งสองรูปแบบการบรรจุ ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาจะมีค่าการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกเท่ากับ 1.00 ± 0.04 และเมื่อเก็บรักษาได้ 6 วัน จะมีค่าเท่ากับ 1.04 ± 0.08

สำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบททั้งที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาและสุญญากาศนั้น พบว่า เวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ตอนเริ่มต้นเก็บรักษาจะมีการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุกเท่ากับ 1.00 ± 0.02 และ 1.00 ± 0.03 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาได้ 10 วัน จะมีค่าเท่ากับ 1.06 ± 0.01 และ 1.02 ± 0.03 ตามลำดับ

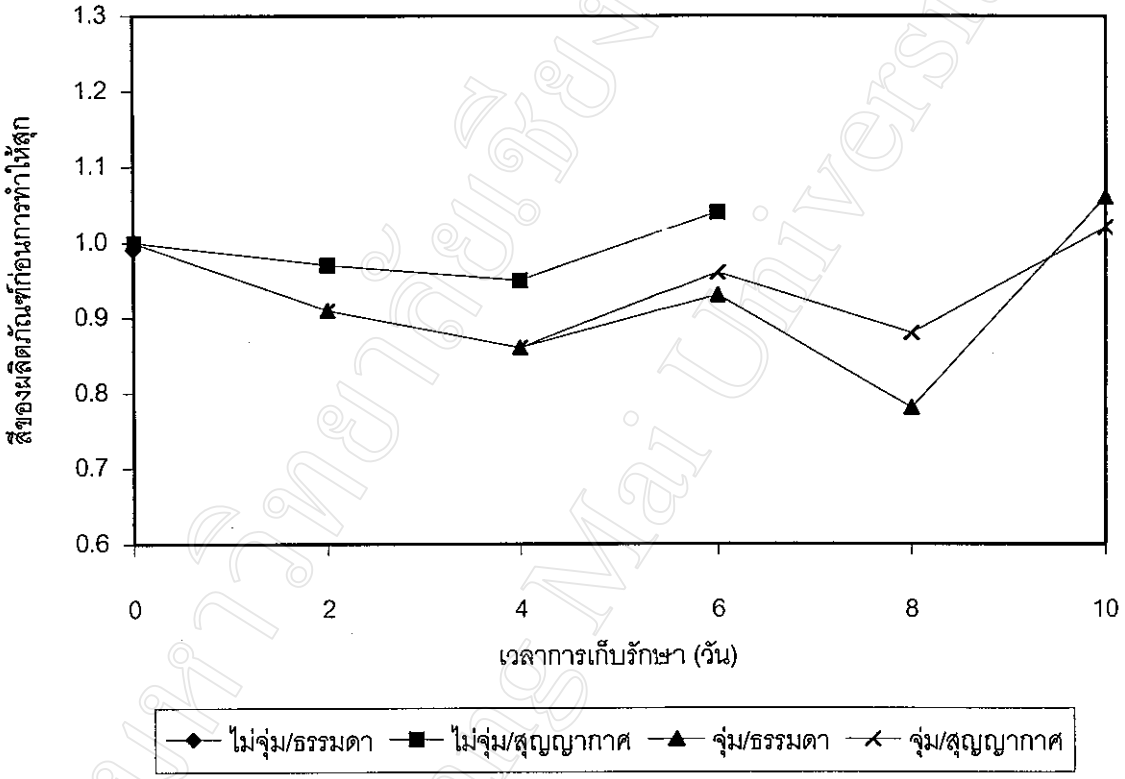
ตาราง 4.45 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวก่อนการทำให้สุกในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก					
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	0.99±0.03	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	1.00±0.04	0.97±0.07	0.95±0.10	1.04±0.08	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	1.00 ± 0.02^{cd}	0.91 ± 0.04^{bc}	0.86 ± 0.15^{ab}	0.93 ± 0.06^{bc}	0.78 ± 0.11^{a}	1.06 ± 0.01^{d}
ปิดผนึกสุญญากาศ	1.00 ± 0.03^{c}	0.91 ± 0.11^{ab}	0.86 ± 0.13^{a}	0.96 ± 0.05^{bc}	0.88 ± 0.11^{ab}	1.02 ± 0.03^{c}

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.29 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวก่อนการทำให้สุกในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวหลังการทำให้สุกในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวหลังการทำให้สุกในระหว่างการเก็บรักษาดังตาราง 4.46 และภาพ 4.30 พบว่า เวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทุกสิ่งทดลอง โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีการยอมรับอยู่ในช่วง 0.83 ± 0.17 ถึง 1.01 ± 0.11 ทั้งนี้อาจเนื่องจากก่อนที่จะนำผลิตภัณฑ์ไปให้ผู้ทดสอบชิมนั้นผลิตภัณฑ์จะต้องผ่านการให้ความร้อนด้วยการนำไปอบที่ 180-200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ดังนั้นไม่ว่าผลิตภัณฑ์จะผ่านการเก็บรักษามาเป็นระยะเวลานานเท่าใดเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่เหมือนกันในทุกสิ่งทดลอง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีออกมาใกล้เคียงกัน ทำให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุกมีค่าไม่แตกต่างกันแม้ผลิตภัณฑ์จะมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่ต่างกัน

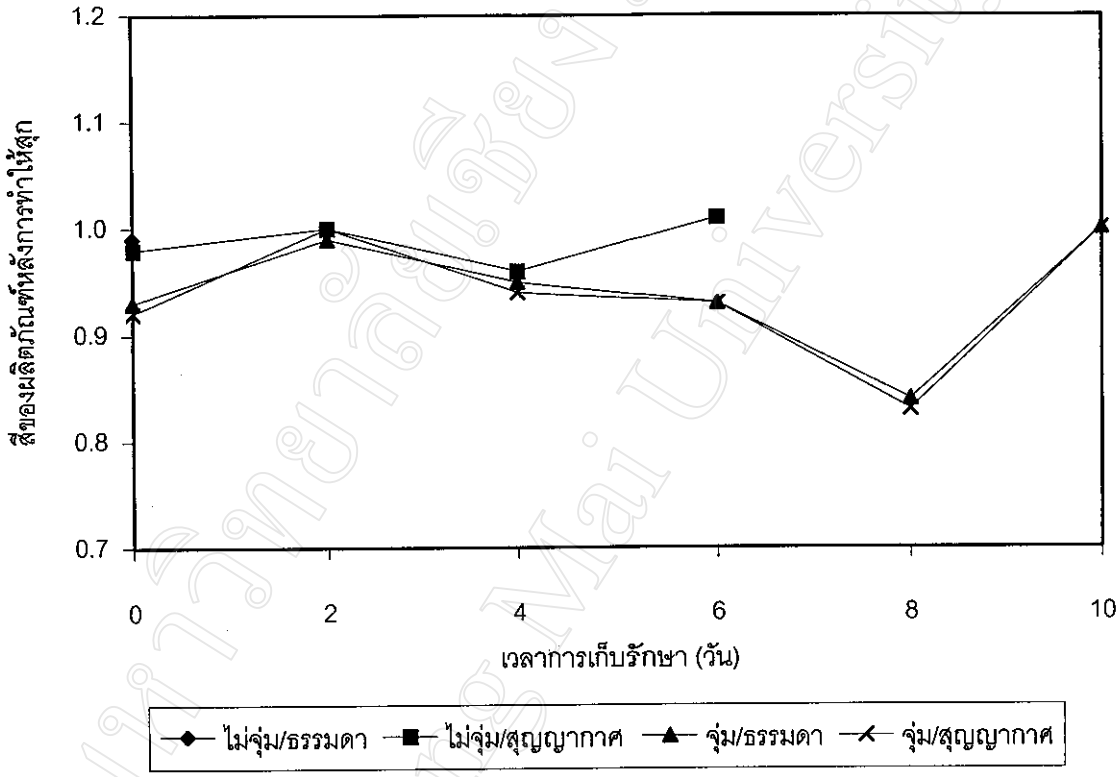
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 4.46 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวหลังการทำให้สุกในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก					
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท						
ปิดผนึกธรรมดา	0.99±0.02	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	0.98±0.02	1.00±0.06	0.96±0.05	1.01±0.11	-	-
จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท						
ปิดผนึกธรรมดา	0.93±0.02	1.99±0.13	0.95±0.16	0.93±0.12	0.84±0.18	1.00±0.14
ปิดผนึกสุญญากาศ	0.92±0.02	1.00±0.08	0.94±0.11	0.93±0.09	0.83±0.17	1.00±0.11

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.30 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวหลังการทำให้สุกในระหว่างการเก็บรักษา

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษาดังแสดงในตาราง 4.47 และภาพ 4.31 พบว่า เวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นผลิตภัณฑ์ที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศซึ่งเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยในช่วง 8 วันแรกของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะมีการยอมรับด้านรสเค็มค่อนข้างคงที่และใกล้เคียง 1.00 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.92 ± 0.15 ถึง 1.06 ± 0.18 หลังจากนั้นค่าการยอมรับจะลดลงเท่ากับ 0.82 ± 0.14 เมื่อเก็บรักษาได้ 10 วัน เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากรสเค็มที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์เป็นรสเค็มที่เกิดจากการเติมเกลือลงในส่วนผสม และเกลือดังกล่าวจะละลายอยู่ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ ในช่วงแรกของการเก็บรักษารสเค็มยังไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเนื่องจากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวยังไม่เกิดการสูญเสียน้ำออกไปมาก แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ผลิตภัณฑ์มีการสูญเสียน้ำออกไปมากขึ้นเรื่อย ๆ เกลือที่ละลายอยู่ในส่วนผสมบางส่วนจึงออกจากตัวผลิตภัณฑ์ไปพร้อม ๆ กับน้ำที่สูญเสีย เป็นผลให้ผู้ทดสอบชิมรับรสเค็มของผลิตภัณฑ์ได้ลดลง

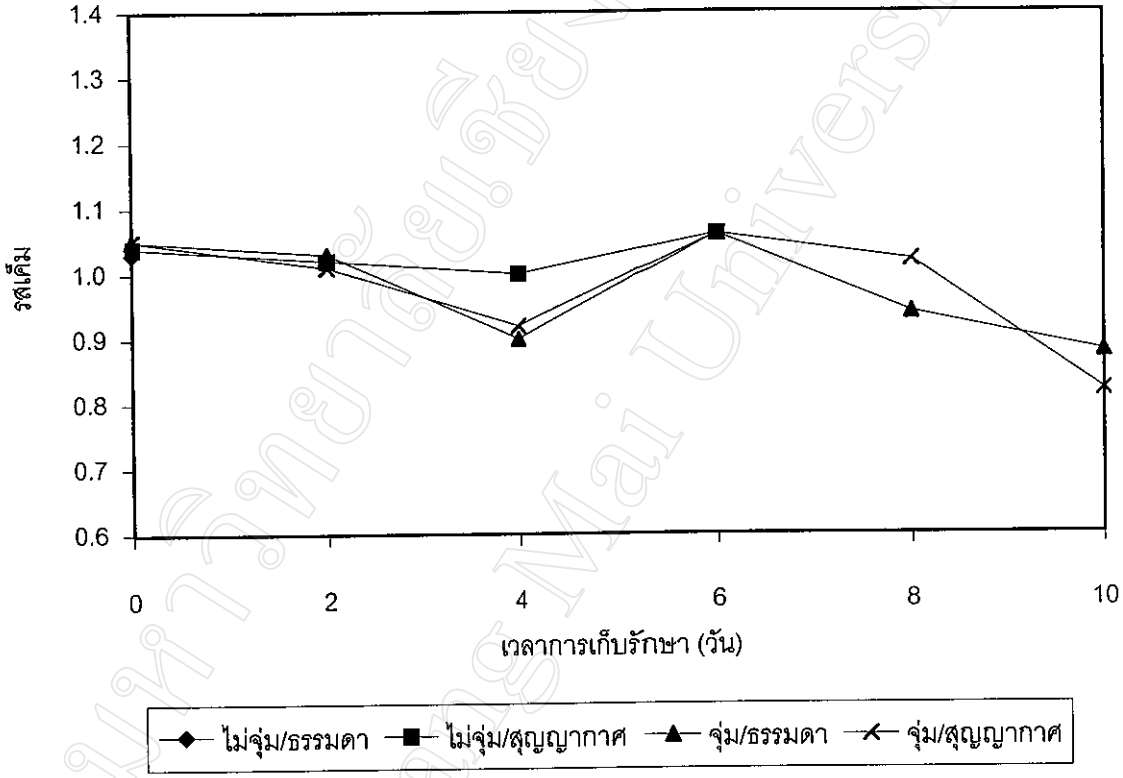
ตาราง 4.47 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	รสเค็ม					
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	1.03±0.09	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	1.04±0.11	1.02±0.13	1.00±0.08	1.06±0.14	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	1.05±0.17	1.03±0.24	0.90±0.26	1.06±0.13	0.94±0.17	0.88±0.17
ปิดผนึกสุญญากาศ	1.05±0.15^{b}	1.01±0.08^{b}	0.92±0.15^{ab}	1.06±0.18^{b}	1.02±0.13^{b}	0.82±0.14^{a}

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.31 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษาดังตาราง 4.48 พบว่า เมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้การยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ซึ่งเกิดจากแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ยังคงมีกิจกรรมอยู่นั่นเอง

เมื่อพิจารณาภาพ 4.32 จะเห็นได้ว่าการยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายกัน โดยที่การยอมรับด้านรสเปรี้ยวจะมีค่าใกล้เคียง 1.00 ในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นการยอมรับด้านรสเปรี้ยวจะมีค่าเพิ่มห่างจาก 1.00 ขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น สำหรับผลิตภัณฑ์ที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศนั้น พบว่าผู้ทดสอบชิมไม่ให้การยอมรับด้านรสเปรี้ยวเมื่อเก็บรักษาได้ 10 วัน ซึ่งค่าการยอมรับเท่ากับ 1.30 ± 0.15 แม้ว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวตรวจพบเชื้อราในปริมาณที่ไม่เกินมาตรฐานกำหนดก็ตาม ดังนั้นจึงใช้คุณภาพทางประสาทสัมผัสการยอมรับด้านรสเปรี้ยวเป็นตัวกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศ

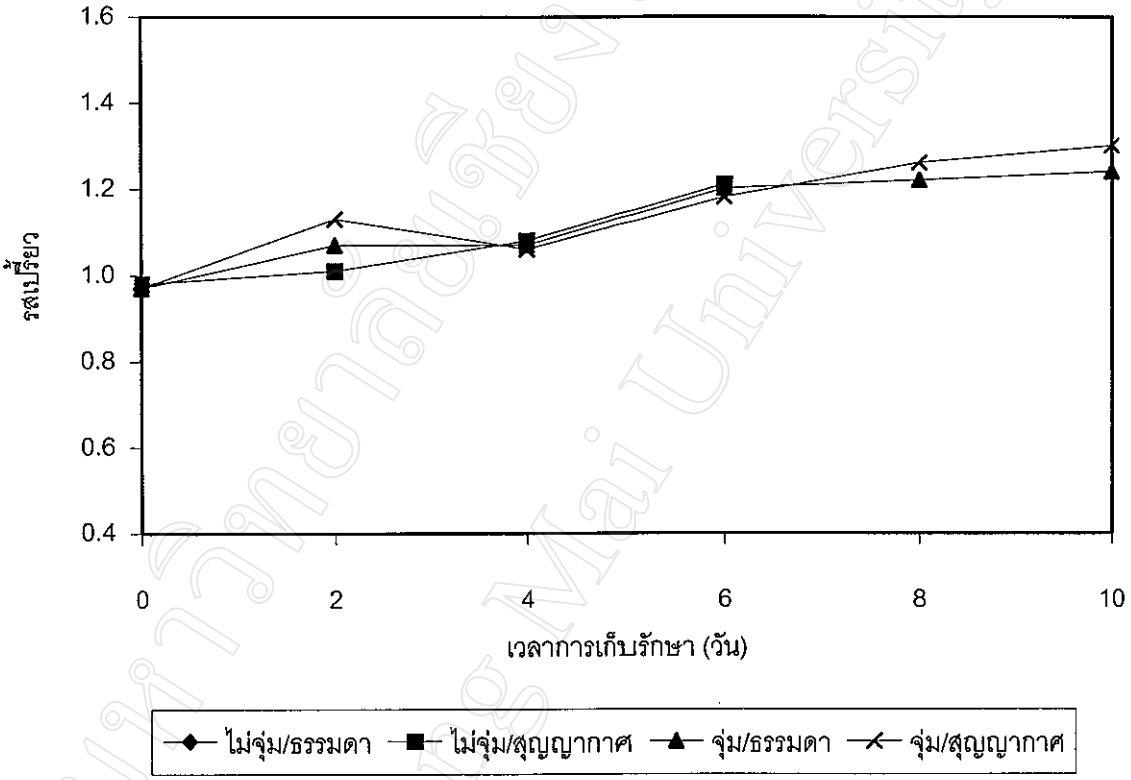
ตาราง 4.48 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	รสเปรี้ยว					
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	0.97±0.07	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	0.98±0.07^{a}	1.01±0.09^{ab}	1.08±0.06^{b}	1.21±0.14^{c}	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	0.97±0.15^{a}	1.07±0.07^{ab}	1.07±0.19^{ab}	1.20±0.07^{bc}	1.22±0.26^{bc}	1.24±0.17^{c}
ปิดผนึกสุญญากาศ	0.97±0.12^{a}	1.13±0.10^{bc}	1.06±0.15^{ab}	1.18±0.15^{bcd}	1.26±0.15^{cd}	1.30±0.15^{d-}

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.32 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษาดังแสดงในตาราง 4.49 พบว่า เมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้การยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นสิ่งทดลองที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบททั้งสองรูปแบบการบรรจุ เนื่องจากสิ่งทดลองดังกล่าวมีการเก็บรักษาได้ไม่ถึง 8 วัน ซึ่งการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์นี้เริ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังวันที่ 8 ของการเก็บรักษา จึงทำให้สิ่งทดลองดังกล่าวไม่พบความแตกต่างของการยอมรับด้านรสเปรี้ยว

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาภาพ 4.33 เห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวคล้ายกัน กล่าวคือ การยอมรับจะเพิ่มห่างจาก 1.00 ออกไปเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์สารไนเตรทและพวกที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ที่เติมลงไปในรูปเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในผลิตภัณฑ์ยังคงมีกิจกรรมอยู่เนื่องจากแบคทีเรียทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการให้กลิ่นรสเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักและผลิตกรดที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว ทำให้การยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง 1.00 มากที่สุดในตอนเริ่มต้นการเก็บรักษา ยกเว้นผลิตภัณฑ์ที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศซึ่งมีค่าดังกล่าวใกล้เคียง 1.00 มากที่สุดเมื่อเก็บรักษาได้ 2 วัน

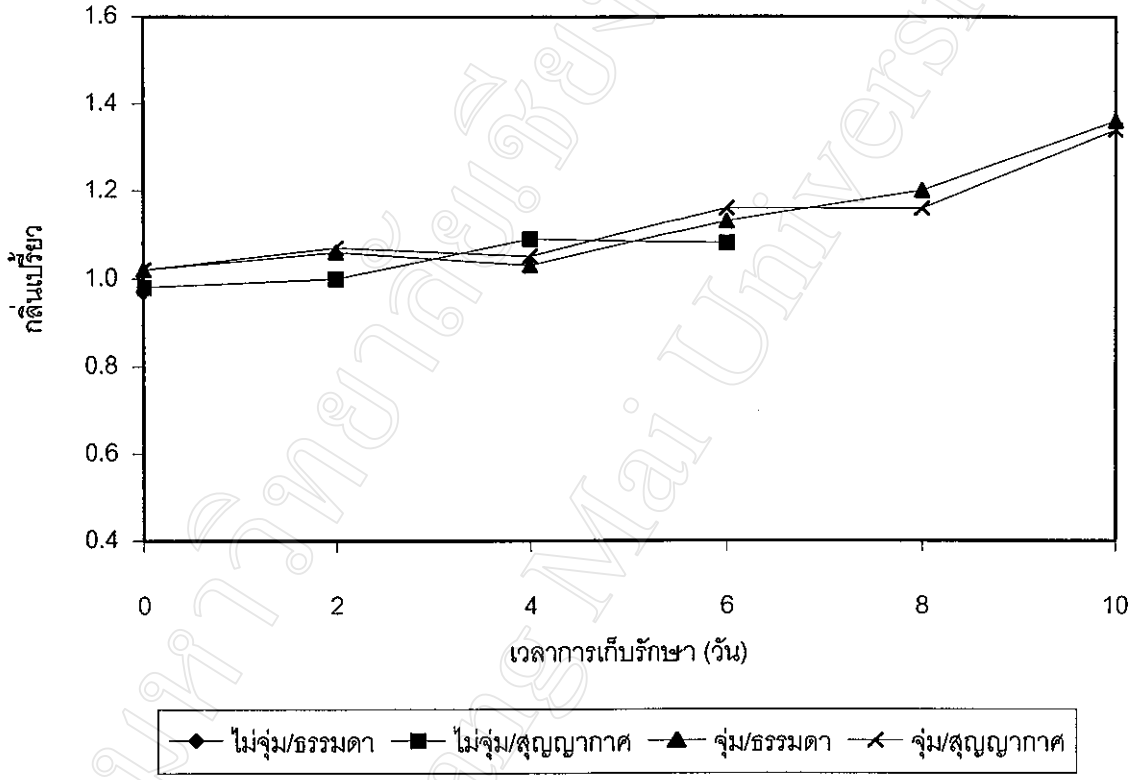
ตาราง 4.49 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	กลิ่นเปรี้ยว					
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	0.97±0.04	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	0.98±0.04	1.00±0.06	1.09±0.18	1.08±0.07	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	1.02±0.08^{a}	1.06±0.12^{ab}	1.03±0.25^{a}	1.13±0.08^{ab}	1.20±0.11^{b}	1.36±0.21^{c}
ปิดผนึกสุญญากาศ	1.02±0.06^{a}	1.07±0.18^{a}	1.05±0.24^{a}	1.16±0.04^{a}	1.16±0.14^{a}	1.34±0.21^{b}

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.33 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านกลิ่นเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษาแสดงไว้ดังตาราง 4.50 พบว่า เวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการยอมรับด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ทุกสิ่งทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แม้ว่าค่าวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ ค่าแรงเฉือน จะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ก็ตาม อาจเนื่องจากเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีลักษณะหยาบไม่เป็นเนื้อเดียวกันทำให้ผู้ทดสอบชิมสามารถแยกความแตกต่างได้ไม่มากนัก อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาภาพ 4.34 จะเห็นว่า การยอมรับด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์เริ่มมีการลดลงบ้างในช่วงวันที่ 8-10 ของเวลาการเก็บรักษา โดยทุกสิ่งทดลองจะมีการยอมรับด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง 1.00 มากที่สุดในวันเริ่มต้นการเก็บรักษา

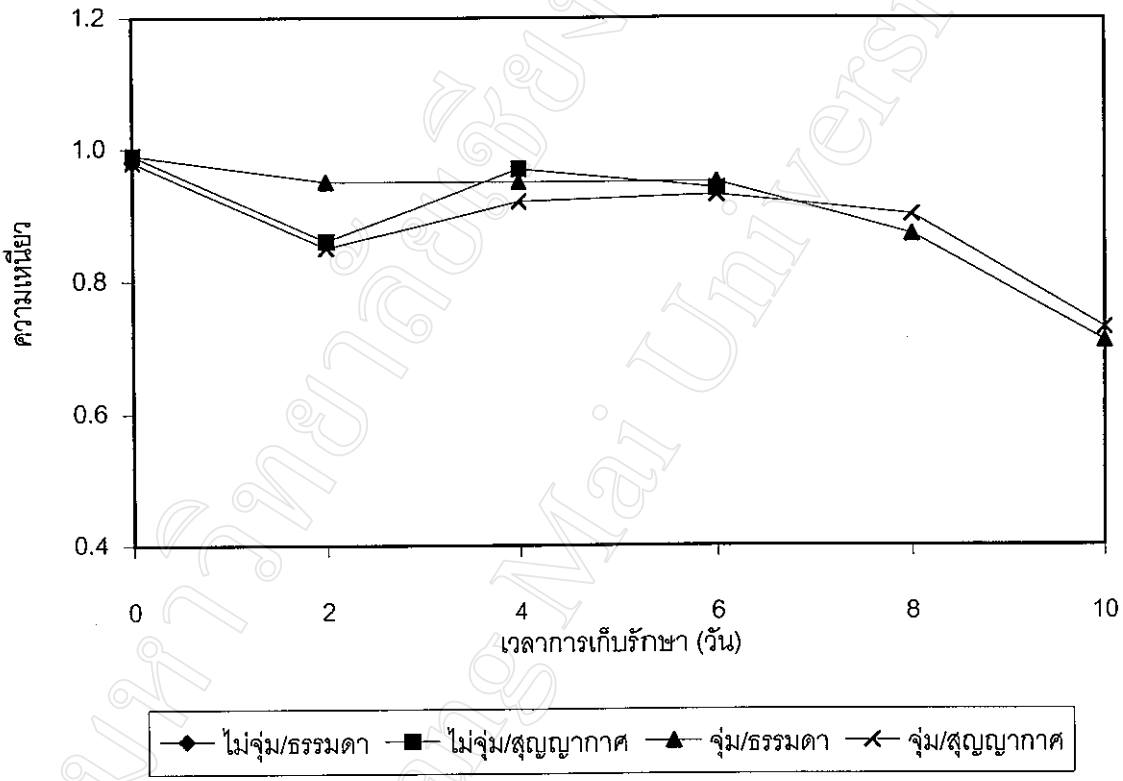
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 4.50 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	ความเหนียว					
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	0.98±0.06	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	0.99±0.17	0.86±0.22	0.97±0.09	0.94±0.15	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	0.99±0.10	0.95±0.21	0.95±0.21	0.95±0.14	0.87±0.20	0.71±0.21
ปิดผนึกสุญญากาศ	0.98±0.10	0.85±0.18	0.92±0.20	0.93±0.15	0.90±0.20	0.73±0.19

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.34 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

ตาราง 4.51 แสดงการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา จะเห็นว่า เวลาการเก็บรักษามีผลต่อการยอมรับด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นผลิตภัณฑ์ที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีการเก็บรักษาไว้ไม่เกิน 8 วัน ซึ่งการยอมรับด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญภายหลังจากเก็บรักษาได้ 8 วัน ดังนั้นจึงส่งผลให้ไม่พบความแตกต่างของการยอมรับด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท

เมื่อพิจารณาภาพ 4.35 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านความฉ่ำน้ำคล้ายกัน กล่าวคือ ในช่วง 8 วันแรกของการเก็บรักษานั้นการยอมรับด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์จะคงที่และมีค่าใกล้เคียง 1.00 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.98 ± 0.07 ถึง 1.09 ± 0.18 แต่หลังจากนั้นการยอมรับดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บรักษาได้ 10 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.24 ± 0.17 ถึง 1.27 ± 0.18

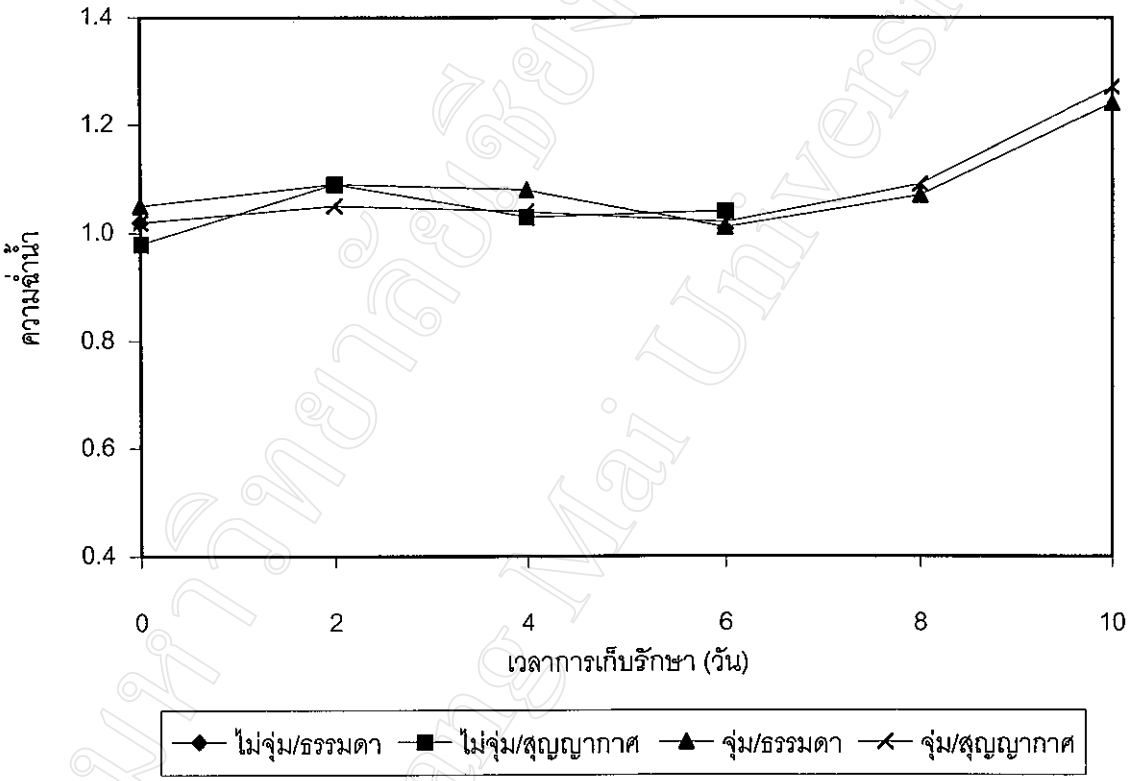
ตาราง 4.51 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	ความฉ่ำน้ำ					
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	1.02±0.10	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	0.98±0.07	1.09±0.11	1.03±0.11	1.04±0.11	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	1.05±0.10^{a}	1.09±0.08^{a}	1.08±0.11^{a}	1.01±0.10^{a}	1.07±0.08^{a}	1.24±0.17^{b}
ปิดผนึกสุญญากาศ	1.02±0.13^{a}	1.05±0.10^{a}	1.04±0.13^{a}	1.02±0.12^{a}	1.09±0.18^{a}	1.27±0.18^{b}

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.35 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในการทดลองนี้เป็นการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมที่ผู้ทดสอบชิมมีต่อผลิตภัณฑ์ ผู้ทดสอบชิมจะพิจารณาจากลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ด้านต่าง ๆ ได้แก่ สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก รสเค็ม รสเปรี้ยว กลิ่นเปรี้ยว ความเหนียว และความฉ่ำน้ำ ดังนั้นผู้ทดลองจึงจำเป็นต้องกำหนดจุดที่ผู้ทดสอบชิมไม่ให้การยอมรับ (Reject) ผลิตภัณฑ์ไว้เพื่อสามารถทราบเวลาที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ซึ่งจุดดังกล่าวได้กำหนดไว้ที่จุดซึ่งมีการยอมรับโดยรวมอยู่ในช่วง 0-0.50

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษาดังแสดงในตาราง 4.52 พบว่า เมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้การยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทุกสิ่งทดลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาภาพ 4.36 จะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทมีการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง 1.00 มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท โดยผลิตภัณฑ์ที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาจะมีการยอมรับโดยรวมเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 0.82 ± 0.30 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศนั้นจะมีการยอมรับโดยรวมเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 0.87 ± 0.16 จากนั้นจะลดลงเรื่อย ๆ จนมีค่าเท่ากับ 0.71 ± 0.14 เมื่อเก็บรักษาได้ 6 วัน

ผลิตภัณฑ์ที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาจะมีการยอมรับโดยรวมเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 0.84 ± 0.11 และลดลงเรื่อย ๆ จนมีค่าเท่ากับ 0.55 ± 0.18 เมื่อเก็บรักษาได้ 10 วัน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศนั้นมีการยอมรับโดยรวมเมื่อวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 0.85 ± 0.01 และการยอมรับจะลดลงเรื่อย ๆ จนพบว่า เมื่อเก็บรักษาได้ 10 วันผลิตภัณฑ์นี้มีการยอมรับเท่ากับ 0.50 ± 0.21 แสดงว่าผู้ทดสอบชิมไม่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์สิ่งทดลองนี้เมื่อเก็บรักษาได้ 10 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการยอมรับด้านรสเปรี้ยวซึ่งผู้ทดสอบชิมก็ไม่ให้การยอมรับเมื่อเก็บรักษาได้ 10 วันเช่นกัน

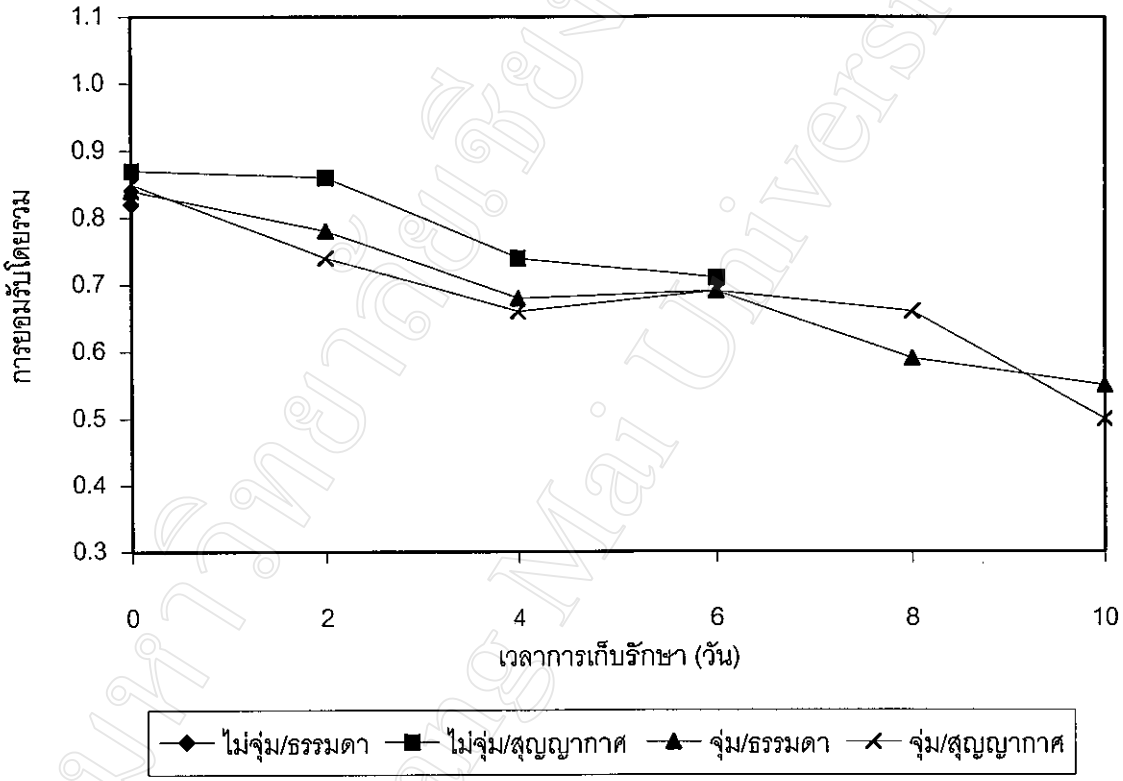
ตาราง 4.52 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้สารเคมีและการบรรจุ	การยอมรับโดยรวม					
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน
<u>ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	0.82±0.30	-	-	-	-	-
ปิดผนึกสุญญากาศ	0.87 ± 0.16^{c}	0.86 ± 0.07^{bc}	0.74 ± 0.09^{ab}	0.71 ± 0.14^{a}	-	-
<u>จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
ปิดผนึกธรรมดา	0.84 ± 0.11^{d}	0.78 ± 0.10^{cd}	0.68 ± 0.12^{abc}	0.69 ± 0.15^{bc}	0.59 ± 0.07^{ab}	0.55 ± 0.18^{a}
ปิดผนึกสุญญากาศ	0.85 ± 0.01^{c}	$0.74+0.15^{bc}$	0.66 ± 0.11^{b}	0.69 ± 0.12^{b}	0.66 ± 0.09^{b}	0.50 ± 0.21^{a}

<u>หมายเหตุ</u> : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพ 4.36 การเปลี่ยนแปลงการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

สรุปผลของการใช้สารเคมีและวิธีการบรรจุต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

ผลการวิเคราะห์ข้างต้นจะเห็นว่า อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ถูกจำกัดด้วยการเสื่อมเสียทางด้านจุลชีววิทยา ยกเว้นสิ่งทดลองที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศเท่านั้นที่อายุการเก็บรักษาถูกจำกัดด้วยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งรายละเอียดสามารถอธิบายได้ดังนี้

ผลิตภัณฑ์ที่ไม่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทที่บรรจุแบบปิดผนึกธรรมดาและปิดผนึกสุญญากาศนั้น พบว่า มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่เกิน 2 และ 8 วัน ตามลำดับ เนื่องจากภายหลังระยะเวลาดังกล่าวตรวจพบเชื้อราในปริมาณที่เกินมาตรฐานกำหนดในผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกธรรมดา ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่เกิน 12 วัน

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศนั้นสามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 16 วัน ไม่พบเชื้อราในปริมาณที่เกินมาตรฐานกำหนดตลอดระยะเวลา 16 วัน อย่างไรก็ตาม ผู้ทดสอบชิมเริ่มไม่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวภายหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 10 วัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวมากเกินไปและมีการยอมรับโดยรวมต่ำกว่าที่ผู้ทดลองกำหนด ดังนั้นจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสอาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศจะมีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 12 วัน

ดังนั้นผลสรุปการใช้สารเคมีและวิธีการบรรจุเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวมีดังนี้คือ ปกติผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในการทดลองนี้มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่เกิน 2 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งการบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศจะทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ไม่เกิน 8 วัน ในขณะที่การจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะทำให้ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาได้ไม่เกิน 12 วัน และการจุ่มผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวลงในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศจะสามารถทำให้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานกว่า 16 วัน โดยปราศจากเชื้อรา แต่ผลิตภัณฑ์จะมีการยอมรับทางประสาทสัมผัสเมื่อเก็บไว้ไม่เกิน 12 วันเท่านั้น

ผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับการทดลองของ Vichiensanth (1982) ซึ่งได้ศึกษาการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวและการยืดอายุการเก็บรักษา พบว่า โดยปกติผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวจะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 3 วัน แต่หากมีการบรรจุผลิตภัณฑ์แบบปิดผนึกสุญญากาศจะทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน 10 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าจุ่มผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวลงในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 4 เป็นเวลา 1 นาที สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานเกิน 14 วัน แต่ผู้บริโภคจะให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อเก็บรักษาไว้นานเพียง 12 วันเท่านั้น

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

4.5 การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ในการทดลองตอนที่ 4.1-4.3 สามารถสรุปสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นได้ดังนี้

สูตรการผลิตที่เหมาะสม

ตาราง 4.53 สูตรการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละของส่วนผสมหลัก*)
กระเทียม	10.00
พริกไทย	1.00
ลูกผักชี	1.00
น้ำตาล	1.60
เกลือ	2.07
โซเดียมไนเตรท	0.05
โซเดียมไนไตรท์	0.0125
เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น	
Micrococcus varians	6 Log cfu/g
Pediococcus cerevisiae	6 Log cfu/g
Lactobacillus plantarum	6 Log cfu/g

หมายเหตุ * ส่วนผสมหลัก ประกอบด้วย เนื้อหมูร้อยละ 46.84 มันแข็งร้อยละ 23.60 และข้าวเหนียวร้อยละ 29.56

กระบวนการผลิตที่เหมาะสม

เตรียมส่วนประกอบต่าง ๆ ตามอัตราส่วนที่แสดงไว้ในตาราง 4.53 โดยนำเนื้อหมู เกลือ โซเดียมไนเตรท และโซเดียมไนไตรท์ ใส่ลงในหม้อผสมแล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 1 นาที เติมกระเทียมบด พริกไทย ลูกผักชี และน้ำตาลลงไป ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา

1 นาที จากนั้นเติมข้าวเหนียวลงไปแล้วผสมเป็นเวลา 2 นาที เติมมันแข็งผสมต่ออีกเป็นเวลา 2 นาที แล้วจึงเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นลงไปผสมเป็นเวลา 1 นาที

นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในเครื่องอัดไส้ (Stuffer) และอัดลงในไส้บรรจุ จากนั้นมัดไส้บรรจุที่ได้บรรจุส่วนผสมเรียบร้อยแล้วให้มีขนาดยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร นำผลิตภัณฑ์ไปหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมข้างต้น เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัส ได้ผลดังนี้

ตาราง 4.54 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ค่าวิเคราะห์	ปริมาณที่วิเคราะห์ได้
โปรตีน (ร้อยละ)	21.33±1.87
ไขมัน (ร้อยละ)	15.44±1.90
น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	1.14±0.01
เถ้า (ร้อยละ)	1.77±0.34
เส้นใย (ร้อยละ)	0.03±0.01
ความเป็นกรดเป็นด่าง	4.49±0.01
กรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติค (ร้อยละ)	0.72±0.01

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 4.55 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ค่าวิเคราะห์	ปริมาณที่วิเคราะห์ได้
ค่าสี L	66.53±0.27
ค่าสี a	11.35±0.22
ค่าสี b	18.46±0.45
ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)	20.07±0.34

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 4.56 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ค่าวิเคราะห์	ปริมาณที่วิเคราะห์ได้
แบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ (Log cfu/g)	8.83
ยีสต์และรา (cfu/g)	ต่ำกว่า 30
Enterobacteriaceae (cfu/g)	ไม่พบ
Staphylococcus aureus (cfu/ g)	ไม่พบ
Salmonella (cfu/ g)	ไม่พบ
Eschericia coli (MPN/g)	ไม่พบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตาราง 4.57 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม (ค่า Mean ideal ratio scores)

ลักษณะ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก	0.99±0.03
สีของผลิตภัณฑ์หลังการทำให้สุก	0.98±0.07
รสเค็ม	1.04±0.06
รสเปรี้ยว	1.05±0.08
กลิ่นเปรี้ยว	1.01±0.04
ความเหนียว	0.98±0.05
ความฉ่ำน้ำ	1.03±0.05
การยอมรับโดยรวม	0.89±0.06

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงใน ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 4.54 และ 4.56 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมนี้ มีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ว่า ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ต้องมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 12 ปริมาณไขมันต้องไม่เกินร้อยละ 30 พบเชื้อราไม่เกิน 100 cfu/g ไม่พบ *Staphylococcus aureus* ในตัวอย่างอาหาร 0.1 กรัม ไม่พบ *Salmonella* ในตัวอย่างอาหาร 25 กรัม และพบ *Eschericia coli* น้อยกว่า 3 MPN/g ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

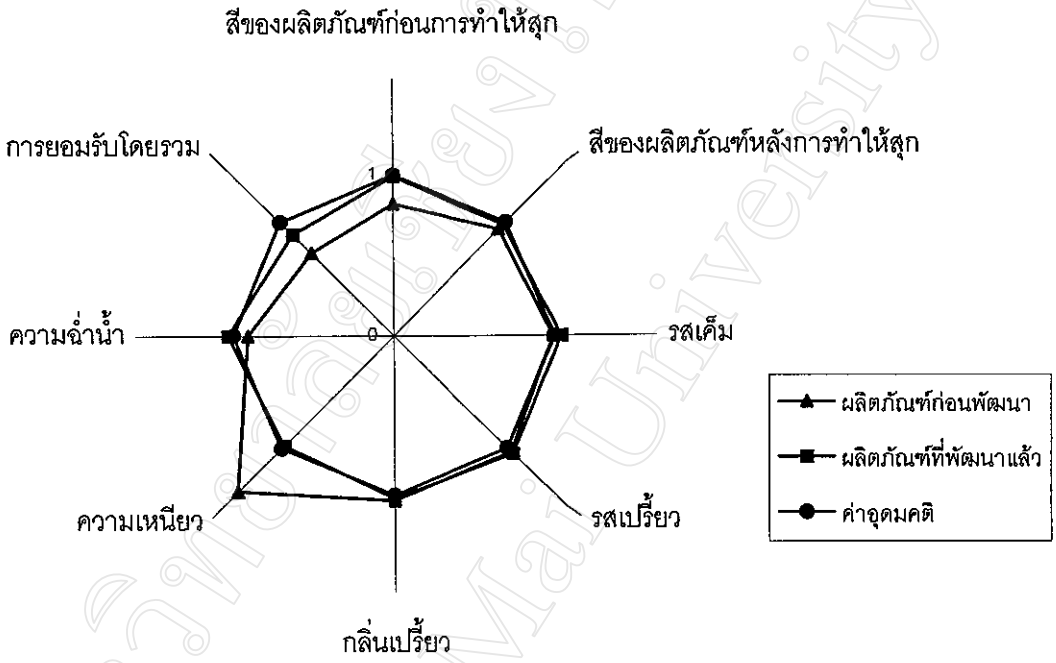
เมื่อนำคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ดังภาพ 4.37 พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย สีของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการทำให้สุก รสเค็ม รสเปรี้ยว กลิ่นเปรี้ยว ความเหนียว ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม มีค่าใกล้เคียงค่าอุดมคติหรือ 1.00 มาก จากการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าอุดมคติของลักษณะสำคัญทางประสาทสัมผัสต่าง ๆ ดังตาราง 4.57 พบว่า ทุกลักษณะไม่มีความแตกต่างจากค่าอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นการยอมรับโดยรวมซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากการยอมรับโดยรวมเป็นการประเมินการยอมรับทาง

ประสาทสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ซึ่งพิจารณาจากลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์หลายด้าน ได้แก่ สีของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการทำให้สุก รสเค็ม รสเปรี้ยว กลิ่นเปรี้ยว ความเหนียว และความฉ่ำน้ำ ดังนั้นค่าการยอมรับโดยรวมจึงมีค่าต่ำกว่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านอื่น ๆ

ข้อมูลคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการทดสอบชิมโดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน จะนำไปวิเคราะห์ทางสถิติหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับโดยรวมกับลักษณะสำคัญต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 ได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

การยอมรับโดยรวม = 0.369 + 0.495 (รสเปรี้ยว) R^2=0.9240

จากสมการข้างต้น แสดงว่า ในการตัดสินใจยอมรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ทำการพัฒนานี้ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคจะพิจารณาเป็นหลักคือ ลักษณะด้านกลิ่นและรสชาติ ซึ่งได้แก่ รสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ โดยลักษณะสำคัญอื่น ๆ จะพิจารณาเป็นลำดับต่อมา



ภาพ 4.37 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ต้นทุนการผลิต

ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม มีดังนี้

ตาราง 4.57 ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

วัตถุดิบ	ส่วนประกอบ (ร้อยละ)	ราคาวัตถุดิบ 1000 กรัม (บาท)	ราคาวัตถุดิบต่อผลิตภัณฑ์ 1000 กรัม (บาท)
เนื้อหมู	46.84	70.00	32.79
มันแข็ง	23.60	45.00	10.62
ข้าวเหนียว	29.56	16.00	4.73
น้ำตาล	1.60	14.00	0.22
เกลือ	2.07	10.00	0.21
กระเทียม	10.00	60.00	6.00
พริกไทย	1.00	130.00	1.30
ลูกผักชี	1.00	70.00	0.70
โซเดียมไนเตรท	0.05	820.00	0.41
โซเดียมไนไตรท์	0.0125	820.00	0.10
เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น	-	-	10.00
ไส้บรรจุและเชือก	-	-	20.00
ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ 1000 กรัม			87.08
ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยบรรจุ (400กรัม)			34.83

- ค่าภาชนะบรรจุ 1.50 บาท ต่อหน่วยบรรจุ
- ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในกระบวนการ ค่าโสหุ้ย ค่าแรงงาน โดยทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 30 ของค่าวัตถุดิบและค่าภาชนะบรรจุ ดังนั้นคิดเป็นเงิน 10.90 บาท ต่อหน่วยบรรจุ
- ต้นทุนการผลิตทั้งหมด ต่อผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยบรรจุ (400 กรัม)

- ค่าวัตถุดิบ	34.83	บาท
- ค่าภาชนะบรรจุ	1.50	บาท
- ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	10.90	บาท
รวม	47.23	บาท