การเปรียบเทียบวิธีการผลิตไส้กรอกอีสาน ด้วยวิธีธรรมชาติ และการเติมสารเร่งการหมัก

Comparison of the Isan sausage production between natural and added fermented powder method

นางดวงพร คันธโชติ

เลขหมู่ 5.525 ว57 2536
เลขทะเบียน 033205
22/พ.ย. 2539

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุน
จากคณะวิทยาศาสตร์
ประจำปี พ.ศ. 2535

บทคัดย่อ

ได้ทดลองทำไส้กรอกอีสาน 4 สูตรด้วยกัน คือ สูตรการหมักแบบธรรมชาติ สูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และสูตรเติมผงหมัก DK_2 พบว่าการเติม KNO_3 เป็นสิ่งจำเป็นในเรื่องของสี และลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ ทั้ง 4 สูตรจะพบแบคทีเรียกรัมบวกรูปท่อน และรูปกลมเท่านั้น สำหรับแบคทีเรียทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติคพบว่าสูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 จะมีปริมาณเชื้อมากกว่าสูตรที่ไม่เติมขณะเดียวกันสูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 จะมีปริมาณเชื้อมากกว่าสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 และสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 จะมีปริมาณเชื้อมากกว่าสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 การลดลงของค่า pH และการเพิ่มขึ้นของกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์จะสอดคล้องกับปริมาณของเชื้อ และเมื่ออายุการหมักได้ 3 และ 4 วัน ความแตกต่างของค่า pH และกรดแลคติคของสูตรที่เติมสารเร่งการหมักทั้งสองจะไม่แตกต่างกันมากนัก ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตรการหมักแบบธรรมชาติเมื่ออายุการหมักได้ 3 วัน จะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ขณะที่สูตรการเติมสารเร่งการหมักทั้งสองเป็นที่ยอมรับ และเมื่ออายุการหมักเป็น 4 วัน สูตรการหมักแบบธรรมชาติจะเป็นที่ยอมรับในลักษณะที่เหมือนกับสูตรที่เติมสารเร่งการหมัก DK_1 โดยแตกต่างกันในเรื่องของสีเท่านั้น ขณะที่สูตร DK_2 มีความแตกต่างในเรื่องการยอมรับต่างไปจากสูตรการหมักโดยธรรมชาติที่เติม KNO_3 และเติมสารเร่งการหมัก DK_1 คุณค่าทางอาหารของทั้ง 3 สูตรจะไม่แตกต่างกันในเรื่องความชื้นและเถ้าคือ มีประมาณ 47% และ 3.8% ตามลำดับ ส่วนโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตในสูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 และสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 มีค่าใกล้เคียงกันมากคือ ประมาณ 13% 36% และ 0.4% ตามลำดับ ขณะที่สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 มี 10.62% 37% และ 1.33% ตามลำดับ ชนิดของเชื้อที่พบในผลิตภัณฑ์คือ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* และสำหรับในสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_2 จะพบเชื้อ *L. brevis* และ *P.halophilus* ด้วย อัตราส่วนของเชื้อ (คิดจากจำนวน isolate) *L.plantarum* ต่อ *P.cereviseae* ในสูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 คือ 4:1 สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 คือ 1:1 และสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 คือ 2:1

สารบาญ

	หน้า
สารบาญรูป	ก
สารบาญตาราง	ข
บทคัดย่อ	1
บทนำ	2
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์การทดลอง	14
วิธีการทดลอง	15
ผลการทดลอง	20
สรุปผล วิจารณ์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	61
ภาคผนวก	
- ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางอาหารของไส้กรอกอีสาน	63
- ภาคผนวก ข สารเคมีและอาหารที่ใช้ในการศึกษาทางจุลชีววิทยา	72
- ภาคผนวก ค โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS/PC+	74
- ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ทดสอบทางประสาทสัมผัส	77

สารบาญรูป

หน้า

1. ความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติค กับระยะการหมักจากสูตรธรรมชาติ (N) และเติมสารเร่งการหมัก DK_1 (DK_1) 21
2. ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และระยะการหมักจากสูตร N และสูตร DK_1 22
3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแลคติคและระยะการหมักจากสูตร N และสูตร DK_1 23
4. ความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติค กับระยะการหมัก จากสูตรธรรมชาติ (N) และสูตรธรรมชาติที่เติม KNO_3 (N_{KNO_3}) 26
5. ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และระยะการหมักจากสูตร N และสูตร N_{KNO_3} 27
6. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแลคติคและระยะการหมักจากสูตร N และ N_{KNO_3} 28
7. ความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติคกับระยะการหมัก จากสูตรธรรมชาติที่เติม KNO_3 (N_{KNO_3}) และเติมสารเร่งการหมักสูตร DK_1 (DK_1) และเติมสารเร่งการหมักสูตร DK_2 (DK_2) 31
8. ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และระยะการหมักจากสูตร N_{KNO_3}, DK_1และ DK_2 32
9. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแลคติค กับระยะการหมักจากสูตร N_{KNO_3}, DK_1 และ DK_2 33

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	เปรียบเทียบแบคทีเรียที่พบของไส้กรอกอีสานหมักโดยธรรมชาติ (N) และการเติมสารเร่งการหมักสูตร DK_1 (DK_1)	20
2.	เปรียบเทียบการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสูตรธรรมชาติ (N) และการเติมสารเร่งการหมักสูตร DK_1 (DK_1)	24
3.	เปรียบเทียบแบคทีเรียที่พบของไส้กรอกอีสานหมักโดยธรรมชาติ (N) และ วิธีธรรมชาติเติม KNO_3 0.02% (N_{KNO_3})	25
4.	เปรียบเทียบการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสูตรธรรมชาติ (N) และวิธีธรรมชาติที่เติม KNO_3 0.02% (N_{KNO_3})	29
5.	เปรียบเทียบแบคทีเรียที่พบของไส้กรอกอีสานหมักโดยวิธีธรรมชาติที่เติม KNO_3 (N_{KNO_3}) และการเติมสารเร่งการหมักสูตร DK_1 (DK_1) และสูตร DK_2 (DK_2)	30
6.	การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องสีของไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ เมื่อหมักได้ 3 วัน	34
7.	การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องกลิ่นของไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ เมื่อหมักได้ 3 วัน	35
8.	การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องลักษณะเนื้อของไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ เมื่อหมักได้ 3 วัน	36
9.	การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องรสของไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ เมื่อหมักได้ 3 วัน	37
10.	การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องภาพรวม (การยอมรับ) ของไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ เมื่อหมักได้ 3 วัน	38
11.	การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องสีของไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ เมื่อหมักได้ 4 วัน	39
12.	การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องกลิ่นของไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ เมื่อหมักได้ 4 วัน	41
13.	การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องลักษณะเนื้อของไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ เมื่อหมักได้ 4 วัน	43
14.	การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องรสของไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ เมื่อหมักได้ 4 วัน	45
15.	การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องภาพรวม (การยอมรับ) ของไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ เมื่อหมักได้ 4 วัน	47

ตารางที่ หน้า

16. คุณค่าทางอาหารของไส้กรอกอีสานสูตร N_KNO_3, DK_1 และ DK_2 50
17. ผลการแยกในระดับชนิด(species)ของ Lactobacillus sp. 52
18. ผลการแยกในระดับชนิด(species)ของ Pediococcus sp. 53

บทนำ

เนื่องจากไส้กรอกอีสานเป็นอาหารหมักจากเนื้อสัตว์ที่นิยมบริโภคกันมากขึ้นทั่วทุกภาคของประเทศ แต่มีการผลิตเฉพาะในระดับครัวเรือน ซึ่งไม่สามารถควบคุมคุณภาพในการผลิตแต่ละครั้งได้ เนื่องจากความไม่แน่นอนของส่วนผสมและลักษณะดินฟ้าอากาศ การทดลองนี้จึงพยายามค้นคว้าหาวิธีการผลิตเพื่อให้ได้ไส้กรอกอีสานที่สามารถควบคุมคุณภาพได้ และมีแนวโน้มที่จะผลิตได้ในระดับอุตสาหกรรม รสเปรี้ยวในไส้กรอกอีสาน เกิดจากกระบวนการหมักของแบคทีเรียแลคติคที่มีอยู่ในวัตถุดิบ ซึ่งเกิดในสภาวะไร้ออกซิเจน หรือมีออกซิเจนน้อย โดยบทบาทของแบคทีเรียแลคติคซึ่งมีอยู่ในวัตถุดิบ โดยจะผลิตกรดแลคติคทำให้มีรสเปรี้ยวและยับยั้งจุลินทรีย์อื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้ส่วนผสมอื่นก็มีส่วนช่วยยับยั้งด้วย เช่น กระเทียม พริกไทย เกลือ ซึ่งจะให้ผลิตภัณฑ์ที่พร้อมรับประทานได้ก็ใช้เวลาประมาณ 4-5 วัน ปัญหาที่มักเกิดขึ้นเป็นประจำในการทำ คือ รสชาติที่ไม่ได้มาตรฐาน ทำให้โอกาสที่จะผลิตในระดับอุตสาหกรรมเป็นไปได้ยาก ดังนั้นการเติมสารเร่งการหมักคิดว่าน่าจะได้รสชาติที่มีความเป็นมาตรฐาน และสามารถกำหนดระยะเวลาที่พร้อมรับประทานได้ ความเป็นไปได้ที่จะผลิตในระดับอุตสาหกรรมก็มีมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมัก (0-5 วัน) ในแง่ของแบคทีเรียที่พบ ค่า pH ปริมาณกรดแลคติค ตลอดจนลักษณะที่ปรากฏ การดม การชิม ซึ่งเป็นการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ
2. วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ
3. จำแนกชนิดของแบคทีเรียแลคติคที่พบในไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ
4. คาดหวังว่าการเติมสารเร่งการหมักจะทำให้การผลิตไส้กรอกอีสานใช้เวลาน้อยลง เมื่อเทียบกับวิธีธรรมชาติโดยได้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับ เพื่อความเป็นไปได้ในการผลิตขั้นอุตสาหกรรม

การตรวจเอกสาร

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

Hashimoto และคณะ (1) กล่าวว่าการนำเนื้อมาทำไส้กรอกเป็นวิธีการที่ประหยัดในการใช้ประโยชน์จากเนื้อ คุณภาพของเนื้อเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในอุตสาหกรรมไส้กรอก Robert และ Lewis (1) พบว่าคุณภาพของไส้กรอกขึ้นกับการคัดเลือกชนิดเนื้อ และสัดส่วนของไขมันในเนื้อ ซึ่งจะมีผลต่อความนุ่มของไส้กรอก เนื้อที่ใช้ส่วนใหญ่ได้แก่ เนื้อหมู, เนื้อไก่, เนื้อแกะ และเนื้อปลา (2) Baker และคณะ (1) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับชนิดและปริมาณไขมันที่มีผลต่อไส้กรอกไก่ โดยใช้ไขมัน 4 ชนิด และ 4 ระดับในอัตราร้อยละ 20,25,30 และ 35 พบว่าไขมันไก่ให้ไส้กรอกที่มีเนื้อนิ่มสูงกว่าไขมันหมู น้ำมันจากเมล็ดฝ้าย และไขมันวัว ตามลำดับ ส่วนระดับของไขมันพบว่าการใช้ไขมันร้อยละ 30 มีผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะ กลิ่น สี และการยอมรับดีที่สุด พลศักดิ์ (1) ทดลองทำไส้กรอกไก่โดยใช้ไขมันไก่ไขมันหมู และน้ำมันพืช โดยใช้ไขมัน 3 ระดับคือร้อยละ 25,30 และ35 พบว่าชนิดของไขมันไม่มีผลต่อความชื้น โปรตีน pH และค่าแรงตัด แต่จะมีผลต่อกลิ่นรส ความนุ่ม ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผลิตภัณฑ์ ส่วนในด้านความแตกต่างของระดับไขมันที่ใช้นั้นพบว่ามีผลทำให้ผลิตภัณฑ์แตกต่างกันเล็กน้อยในด้านความชื้น เปอร์เซนต์ไขมัน และสีของผลิตภัณฑ์

Swift และคณะ(1) พบว่าเกลือที่ผสมลงไปเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือให้มากขึ้นและทำให้อีมัลชั่นคงตัวมากขึ้น โปรตีนที่ละลายได้ในเกลือจะทำหน้าที่เป็นตัวอีมัลชั่น และค่าของโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือที่หาได้จาก 100%,80% และ 60% ของโปรตีนทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 30.4% ,30.0% และ 30.4% ตามลำดับ (1)

ความแตกต่างของไส้กรอก ขึ้นกับชนิดของเครื่องเทศที่ใช้สัดส่วนของเนื้อและไขมัน ชนิดของเนื้อตลอดจนวิธีทำ (2)

หน้าที่ของส่วนผสมต่างๆในการทำไส้กรอก

1. เนื้อสัตว์และไขมัน (3)

1.1 เนื้อสัตว์ หน้าที่ของเนื้อสัตว์ในการทำไส้กรอกมีดังนี้คือ

ก. ให้คุณค่าทางอาหาร โดยเฉลี่ยแล้วในเนื้อสัตว์มีโปรตีนอยู่ 18-20 เปอร์เซนต์ และเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากประกอบด้วยกรดอมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วน

ข. ให้ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) เนื่องจากโปรตีนจะจับก้อน (coagulate) เมื่อถูกความร้อนเป็นลักษณะกึ่งแข็งเกร็ง

(semi-rigid) และโปรตีนจะทำหน้าที่ห่อหุ้มไขมันและตรึงน้ำ ในส่วนผสมไม่ให้แยกออกจากกันทั้งก่อนและหลังการให้ความร้อน ซึ่งเป็นลักษณะเนื้อสัมผัสที่สำคัญของไส้กรอกบางชนิด

ค. โปรตีน Myoglobin ซึ่งเป็นสารสีแดงในเนื้อสัตว์ จะเป็นตัวให้สีที่สำคัญของไส้กรอก

1.2 ไขมัน มีหน้าที่ต่อไปนี้

ก. เป็นตัวที่ทำให้เกิดความนิ่ม ความชุ่มฉ่ำ และรสชาติ

ข. ทำให้ไส้กรอกมีสีดีขึ้น ไม่เข้มคล้ำเหมือนเนื้อบดล้วนๆ

ค. เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ

2. ข้าวสวย

เป็นแหล่งคาร์บอนให้จุลินทรีย์ แต่ต้องใช้เวลาในการย่อยสลาย และให้คุณค่าทางอาหาร

3. น้ำตาล

เป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับจุลินทรีย์ ใช้ได้รวดเร็วเนื่องจากผ่านกระบวนการในการย่อยสลายน้อย หรือไม่ต้องเลย และให้คุณค่าทางอาหาร

4. ผงชูรส

เป็นแหล่งให้ไนโตรเจน

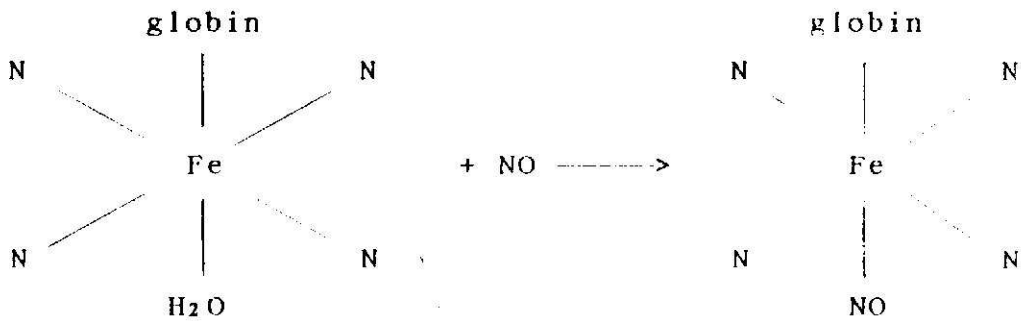
5. เกลือ,กระเทียม,พริกไทย

ออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้ออื่นๆไม่ให้เจริญแข่งกับแบคทีเรียแลคติค

6. ไนเตรตและไนไตรต์(nitrate and nitrite) (3)

ในการผลิตไส้กรอกโดยมากจะมีการเติมเกลือไนเตรต และไนไตรต์ลงไปด้วยเพื่อให้ทำหน้าที่ดังนี้คือ

- ให้สีกับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากรวมตัวของ Myoglobin ซึ่งเป็นสารสีในเนื้อกับไนตริคออกไซด์(NO)ซึ่งแตกตัวมาจากไนไตรต์เป็น Nitrosomyoglobin ซึ่งมีสีแดง และเมื่อโดนความร้อนจะเปลี่ยนเป็น Nitrosohaemochrome ซึ่งมีสีชมพูสดน่ารับประทาน ดังปฏิกริยา



- ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ Clostridium botulinum และพวกเชื้อโรคในตระกูล Enterobacteriaceae หลายตัว
- กลิ่นและรสชาติเฉพาะผลิตภัณฑ์
- สามารถยับยั้งการหืนของไขมันได้

ข้อควรระวังคือในกรณีที่ใช้ไนเตรต เนื่องจากไนเตรตเป็นสารที่คงตัว และต้องอาศัยจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายไนเตรตให้เป็นไนไตรต์ก่อน เช่น Micrococcus spp., Staphylococcus spp. เป็นต้น หลังจากนั้นแล้วจึงแตกตัวเป็น ไนตริคออกไซด์ เพื่อเข้าทำปฏิกิริยาต่างๆ หากในกระบวนการผลิตไม่มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านี้ ไนเตรตก็จะไม่มีการแตกตัวและคงค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ไปจนถึงผู้บริโภค ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข อนุญาตให้ใช้ได้สูงสุด 500 และ 125 ppm สำหรับไนเตรตและไนไตรต์ตามลำดับ โดยในปัจจุบันได้มีการพยายามให้ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ใช้แต่ไนไตรต์เพียงอย่างเดียว เพราะไนไตรต์แตกตัวได้ง่าย

7. Glucono-delta-Lactone (GdL)

ในการทำไส้กรอกหมักเปรี้ยวนิยมเติม GdL ลงไปในส่วนผสมด้วยประมาณ 0.5% เพื่อลดอัตราการเสี่ยงต่อการเน่าเสียด้วยจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมา โดยเฉพาะในช่วงแรกของการหมัก สาเหตุที่ทำให้ GdL มีคุณสมบัติดังกล่าว เนื่องจาก เมื่อ GdL สัมผัสกับน้ำในส่วนผสมจะให้กรด gluconic ซึ่งจะทำให้ pH ของส่วนผสมค่อยๆลดลง โดยไม่ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเสียไป เนื่องจากการลดลงของ pH เหมือนการเติมกรดอื่นๆ เช่น กรดแลคติค กรดน้ำส้ม ฯลฯ(3)

กรดแลคติค

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการหมักของแบคทีเรียแลคติค ซึ่งมีกระบวนการหมัก 2 แบบคือ

1 Homofermentation

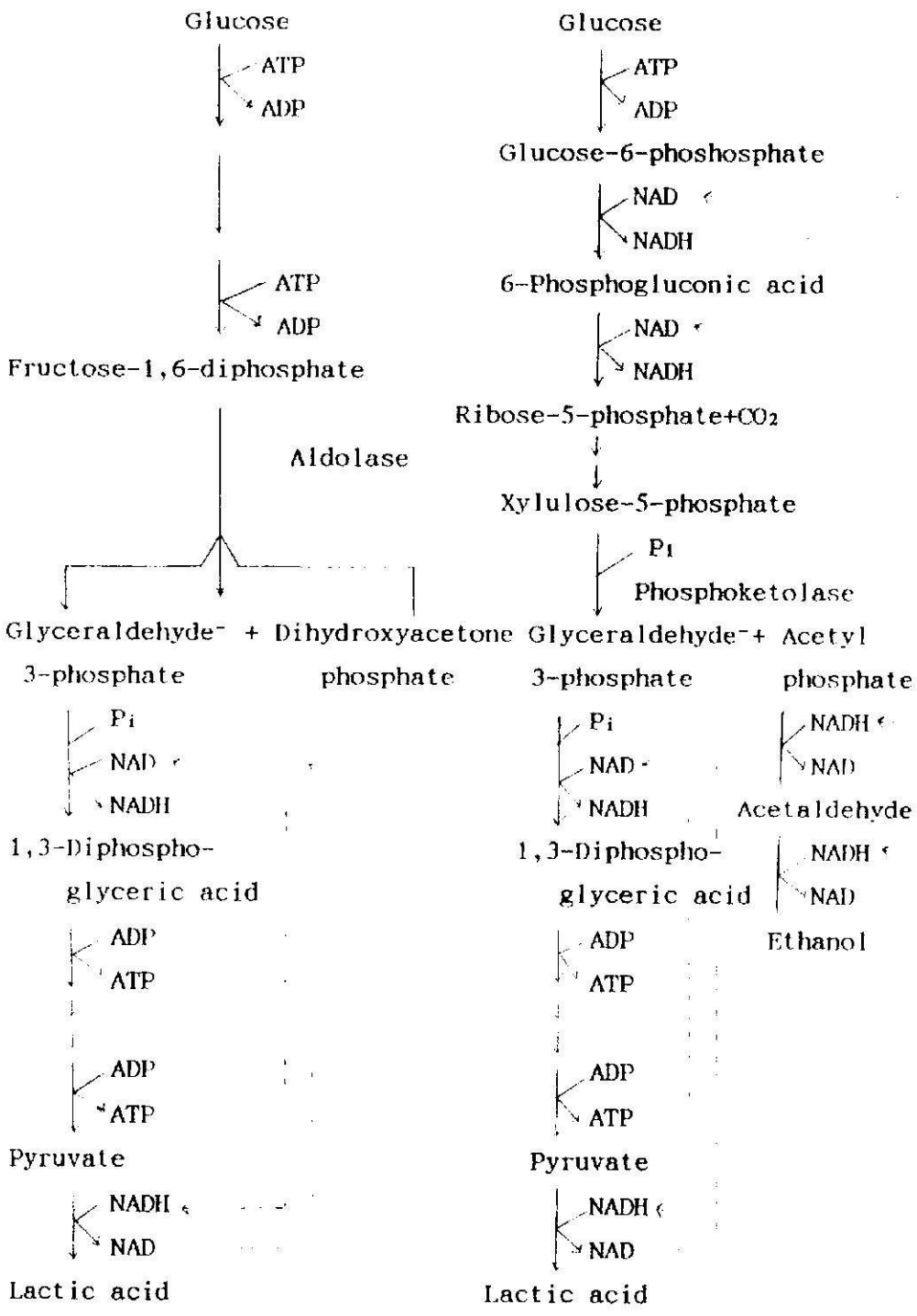
แบคทีเรียแลคติคกลุ่มนี้ ให้ผลิตภัณฑ์หลัก คือ กรดแลคติค โดยทั่วไปจะได้กรดแลคติค 85% หรือมากกว่า จากการหมักกลูโคสแต่จะไม่เกิดแกส อาจมีแกสจากกลูโคเนท มีการหมักน้ำตาลไรโบสให้กรดแลคติคและกรดอะซิติก ไม่มีแกส ไม่ต้องการไทเอมีนในการเติบโต มีเอ็นไซม์อัลโดเลส (aldolase) และ เจริญที่ 45° ซ และ 15° ซ (8) กระบวนการหมักจะเกิดโดย Embden-Meyerhoff pathway ดังแผนผัง (13)(15)

2. heterofermentation

แบคทีเรียแลคติคกลุ่มนี้ ให้ผลิตภัณฑ์ คือ แกสคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ CO_2 กรดแลคติค และ แอลกอฮอล์ (2)

ในกระบวนการหมักแบบ homofermentative และ heferofermentative นอกจากจะแตกต่างกันในด้านผลิตภัณฑ์ที่ได้แล้วยังมีความแตกต่างกันที่เอนไซม์ คือ เอนไซม์อัลโดเลสเป็น Key entyme ตัวหนึ่งในกระบวนการ ไกลโคไลซีส ของกระบวนการหมักแบบ homofermentative แต่แบบ heterofermentative ไม่มีเอนไซม์ชนิดนี้ (7) ดังแผนผัง (15)

การหมักกลูโคสโดยแบคทีเรียแลคติค พวก Homofermentative และ Heteromentative



จากการทดลอง homofermentative คือ Lactobacillus plantarum
heterofermentative คือ Lactobacillus brevis

ได้เติมสาร 6-Phosphogluconic acid (Glucono delta Lactone) ลงไปเพื่อเร่งการหมัก เนื่องจากไม่ต้องใช้พลังงานในการย่อยสลาย glucose เพื่อให้ได้ 6-Phosphogluconic acid

จุลินทรีย์ที่ใช้กันแพร่หลายในอาหารหมัก

อาจเลือกใช้ตัวใดตัวหนึ่งหรือผสมกันก็ได้

1. แบคทีเรียแลคติค

คุณสมบัติของแบคทีเรียแลคติค (8)

1. กรัมบวก
2. ไม่เคลื่อนที่ (non motile)
3. ไม่สร้างสปอร์ (spore)
4. มีกระบวนการหมัก 2 แบบ คือ homofermentation และ heterofermentation
5. ทดสอบคะตะเลส (catalase) ให้ผลลบ
6. ทนกรด

มีการหมักคาร์โบไฮเดรต (11) มี 4 จีนัส (Genus) ประกอบด้วย

Lactobacillus SP.
Streptococcus SP.
Leuconostoc SP.
Pediococcus SP.

สำหรับตัวที่นิยมใช้ในการหมักได้แก่ (3)

1. Lactobacillus plantarum
2. Pediococcus cerevisiae
3. Streptococcus lactis
4. Streptococcus diacetilactis

2. แบคทีเรียอื่นๆ

Micrococcus sp.

3. ยีสต์

Debaryomyces sp.
เช่น D.kloecken , D.conterellil หรือ D.pfaffii

สมบัติของจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในกระบวนการหมักเนื้อ (3)

1. ทนเกลือและเจริญเติบโตได้ดีในส่วนผสมที่มีเกลือ
2. ทนไนเตรต และไนไตรต์
3. เติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 24-43°ซ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้หมัก
4. ควรเป็นพวกที่มีการหมักแบบ Homofermentative
5. ต้องไม่เป็นพวก proteolytic หรือ lipolytic
6. ต้องไม่ผลิตสารใดๆที่ทำให้กลิ่นเหม็น เช่นพวกเอมีนและซัลไฟด์ต่างๆ
7. ต้องไม่เป็นเชื้อโรค

จุลินทรีย์ที่พบในกระบวนการหมักอาหารประเภทเนื้อสัตว์ (6)

Micrococcus sp.

M.varians สามารถรีดิวส์ไนเตรตได้ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไนไตรต์จึงไม่จำเป็นต้องใช้ Micrococcus sp.ในกรณีใช้เป็นกล้าเชื้อ

Lactobacillus sp.

L.plantarum (homofermentative)

L.brevis (heterofermentative) ใช้กับบางผลิตภัณฑ์เท่านั้นเนื่องจากขณะหมักจะเกิดแกสคาร์บอนไดออกไซด์ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ประเภทไส้กรอกแตกได้

Pediococcus sp.

P.pentosaceus

P.aciditactis

ทั้ง P.pentosaceus และ P.aciditactis เดิมจัดเป็นพวก P.cerevisiae

สมบัติของจุลินทรีย์ที่พบในกระบวนการหมักอาหารประเภทเนื้อสัตว์ (10)

Micrococcus spp.

1. กรัมบวกรูปกลม (gram positive ,cocci)
2. ให้ผลบวกเมื่อทดสอบคะตะเลส (catalase)
3. ไดโลนีสีขาว หรือมีรงควัตถุ (pigment) สีเหลือง,แดง
4. ไวต่อรังสี

Lactobacillus spp.

1. กรัมบวกรูปท่อน (gram positive ,rod) อาจพบแบบ coccobacilli,พวกท่อนบางครั้งพบต่อเป็นสาย (14)
2. ไม่มีรงควัตถุ (pigment)
3. ไม่รีดิวส์ไนเตรต
4. ไม่สร้างสปอร์

5. ให้ผลลบเมื่อทดสอบคะตะเลส
6. ความต้องการอากาศเป็นแบบ facultative anaerobe
7. เจริญได้ดีที่ pH น้อยกว่า 5.5 บน MRS medium

Pediococcus spp.

1. กรัมบวกรูปกลม (gram positive,cocci) เรียงตัวแบบคู่ (diplococci) 4 เซลล์ (tetrad) และสายสั้นมาก (very short chain) ส่วนสายยาวแทบไม่มีเลย
2. ให้ผลลบในการทดสอบคะตะเลส
3. ความต้องการอากาศเป็นแบบ facultative anaerobe
4. เจริญได้ดีในสภาวะไร้ออกซิเจน

สภาวะที่ไม่เหมาะสมในการหมัก

1. มีออกซิเจนในปริมาณมาก
2. มีสารอาหารน้อยไม่ว่าจะเป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจน
3. อุณหภูมิต่ำ
4. สภาพเริ่มต้นของส่วนผสม มี pH สูง (6.3-6.6) จะพบแบคทีเรียกรัมลบมากกว่าแบคทีเรียแลคติค

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทำไส้กรอก ได้แก่[2]

1. พีเอช ผลิตภัณฑ์เนื้อเป็นอาหารกรดต่ำ มีพีเอชใกล้เคียง 6 ซึ่งเป็นช่วงพีเอชที่เหมาะแก่การเจริญของแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ส่วนใหญ่ไส้กรอกเปรี้ยวจะมีพีเอชลดลงถึง 5.0 หรือต่ำกว่า ซึ่งแบคทีเรียส่วนใหญ่เจริญไม่ได้ในช่วงพีเอชนี้ ยกเว้นพวก ยีสต์ รา และแบคทีเรียที่มีกรดเช่น แบคทีเรียแลคติค เป็นต้น

เนื้อหมูบรรจุสภาพสุญญากาศที่มี pH ช่วงปกติ (5.5-5.6) จะพบแบคทีเรียแลคติคเป็นส่วนใหญ่ ส่วนเนื้อหมูที่มี pH สูง (6.3-6.6) จุลินทรีย์ที่พบส่วนมากเป็นพวกกรัมลบ pH เป็นปัจจัยสำคัญในการป้องกันการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในลันเชียนมีทบรรจุแบบสุญญากาศ แต่ pH ที่ต่ำอย่างเดียวไม่สามารถป้องกันการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเป็นพิษในไส้กรอกโบโลญา

2. ปริมาณความชื้น การลดลงของ water activity (a_w) ในผลิตภัณฑ์เนื้อโดยการเติมเกลือ หรือ humectant อื่นๆหรือการทำแห้งเพียงบางส่วน จะพบว่าเชื้อที่เจริญเป็นพวกที่ทนเกลือ เช่น Lactobacillus, Streptococcus, Micrococcus, Pediococcus, Staphylococcus, Vibrio ยีสต์และรา ดังนั้น การเสื่อมเสียสามารถชะลอได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นเกลือ

3.อุณหภูมิ ผลิตภัณฑ์เนื้อส่วนใหญ่ผ่านการแปรรูปแบบ semi-preserved การให้ความเย็นจึงจำเป็นมาก เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตรอดหลังการแปรรูป จุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในสภาพดังกล่าวเป็นพวกสปีชีส์ที่ทนความเย็น (psychophile) สามารถเจริญได้ที่ต่ำกว่า 5°ซ ส่วนจุลินทรีย์ที่ก่อโรคพวก mesophile เช่น Clostridium botulinum (ชนิด A และ B) C. perfringens, Salmonella sp. หรือ Staphylococcus aureus จะเจริญได้น้อยที่อุณหภูมิ 10-15°ซ การเก็บรักษาโปรตีนบรรจุแบบสุญญากาศในตู้แช่เย็น (อุณหภูมิต่ำกว่า 10°C) มีเพียงแบคทีเรียแลคติคเท่านั้นที่เจริญได้ Simard และคณะ (1983) กล่าวว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดซึ่งมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในไส้กรอกฟรังก์เฟอร์เตอร์ที่แช่เย็นอุณหภูมิ -4 ถึง 0°C สามารถป้องกันการเจริญของเชื้อที่ทำไส้กรอกเสื่อมเสียได้นานกว่า 49 วัน การเก็บที่อุณหภูมิต่ำจะชลอการเสื่อมเสียได้

4. ออกซิเจนและแกสอื่นๆ ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักและไส้กรอกชนิดต่างๆ ที่ผิวหน้าจะเป็นบริเวณที่มีอากาศอยู่มากจุลินทรีย์ที่ชอบ และเจริญได้ดีได้แก่พวก aerobe และ facultative anaerobes ชนิดของภาชนะบรรจุสามารถเปลี่ยนสภาพบรรยากาศของผลิตภัณฑ์เนื้อ วิธีการบรรจุมีอิทธิพลมากต่อชนิดของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก lactobacilli และ enterobacter ทั่วไปจะทนต่อคาร์บอนไดออกไซด์ การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เนื้อที่บรรจุสภาพสุญญากาศ มีสาเหตุจากแบคทีเรียแลคติค เป็นส่วนใหญ่ เชื้อที่พบว่าเจริญมากคือ Lactobacillus spp. ยีสต์และรา ไส้กรอกฟรังก์เฟอร์เตอร์บรรจุสภาพสุญญากาศการเสื่อมเสียจะเกิดขึ้นช้า เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์สูงและออกซิเจนต่ำจะช่วยลดการเจริญของเชื้อที่เจริญในสภาพมีอากาศเช่น Psuedomonas spp. เชื้อที่เจริญได้มากจะเป็นพวก lactobacilli ซึ่งไม่ได้รับผลจากสภาพดังกล่าว เพราะเป็น facultative mesophillic และ Psychotrophic ด้วย

5. สารยับยั้งจุลินทรีย์ การเจริญของจุลินทรีย์จะได้รับผลกระทบจากสารประกอบที่มีผลในการยับยั้งทั้งจากส่วนประกอบที่ใช้เป็นส่วนผสม และจากกระบวนการชีววิทยา เช่น กรดแลคติค จากเมตาบอลิซึมของการหมัก ของแบคทีเรียแลคติค สามารถยับยั้ง psychotropic gram negative rods แบคทีเรียกลุ่ม coli-aerogenes, staphylococci และแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียพวก proteolytic และ lipolytic กรดไขมันอิสระ กลีเซอรอลเอสเทอร์ และ กลีเซอร์ไรด์ จากการไฮโดรลิซีสของไขมัน สารยับยั้งจุลินทรีย์ที่รู้จักกันดีและใช้กันมากคือโซเดียมไนไตรต์ สามารถยับยั้งพวก Clostridium spp.รวมทั้ง S. aureus ส่วนผสมอื่นๆ เช่น ควันน้ำ และเครื่องเทศก็มีคุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์

6. ปริมาณสารอาหาร ผลิตภัณฑ์เนื้อเป็นแหล่งที่สมบูรณ์ด้วยสารอาหารต่างๆ ดังนั้นจึงทำให้จุลินทรีย์หลายสปีชีส์เจริญได้ดี อย่างไรก็ตามมีการเติมสาร

อาหารพิเศษลงไปในสูตรผสมของผลิตภัณฑ์ก็จะมีผล คุณลักษณะทางกายภาพของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ เช่น การเติมเครื่องเทศต่างๆลงในส่วนผสมของเนื้อหมักเปรี้ยว (fermented meat) จะกระตุ้นให้แบคทีเรียผลิตกรดแลคติคได้ เนื่องจากเครื่องเทศเป็นแหล่งของธาตุแมงกานีส ซึ่งเป็นโคแฟคเตอร์สำหรับการผลิตกรดใน Lactobacillus และ Pediococcus และจำนวนจุลินทรีย์ลดลงเมื่อเพิ่มเปอร์เซนต์ไขมันในไส้กรอกฟรังเฟอร์เตอร์

อุปกรณ์การทดลอง

จะแบ่งเป็นส่วนๆตามหัวข้อที่ศึกษา การศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมัก (0-5 วัน) ในแง่ของแบคทีเรียที่พบ ค่า pH ปริมาณกรดแลคติค จะใช้อุปกรณ์ส่วนใหญ่ของทางจุลชีววิทยา การวัด pH ใช้เครื่อง pH meter

สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณค่าอาหารดูในภาคผนวก ก และอุปกรณ์ที่ใช้ในการจำแนกชนิดแบคทีเรียแลคติคดูในภาคผนวก ข

สำหรับไส้กรอกอีสานจะมีสูตรต่างๆกัน อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำไส้กรอกอีสานมีดังนี้

1. ส่วนผสมของไส้กรอกอีสานสูตรต่างๆ
2. ไส้หมู (ไส้ขม)
3. เกลือ
4. ใบฝรั่ง
5. กาละมัง
6. เชือกผูก
7. เขียง
8. มีด

วิธีการทดลอง

1. การผลิตไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ

การผลิตไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ กันเพื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยศึกษาในแง่การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก เพื่อดูปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด แบคทีเรียแลคติค pH และปริมาณกรดแลคติค ตลอดจนดูลักษณะปรากฏ การดมกลิ่นและการชิมรสชาติ ในการทดลองนี้จะมีสูตรทั้งหมด 4 สูตรด้วยกันคือ

1. สูตรหมักโดยธรรมชาติ

เนื้อติดมัน	1	กิโลกรัม
กระเทียม	50	กรัม
พริกไทย	1	กรัม
ข้าวสวย	400	กรัม
เกลือ (NaCl)	30	กรัม
ผงชูรส	1.5	กรัม
น้ำตาล (sucrose)	3.2	กรัม

2. สูตรการหมักโดยธรรมชาติแต่เติม KNO_3 0.2 กรัมต่อเนื้อติดมัน 1 กิโลกรัม

3. สูตรการเติมสารเร่งการหมักสูตร DK_1 (สูตรของ ผศ. ดาวพร คันธโชติ โดยคำนวณจากความต้องการแหล่งคาร์บอนของแบคทีเรียทั้งหมด)

เนื้อติดมัน	1	กิโลกรัม
กระเทียม	50	กรัม
ข้าวสวย	400	กรัม
สารเร่งการหมัก DK_1	140	กรัม
ประกอบด้วย		
Dextrose	60	กรัม
Lactose	42	กรัม
NaCl	30	กรัม
ผงชูรส	6.8	กรัม
พริกไทย	1	กรัม
KNO_3	0.2	กรัม

4. สูตรการเติมสารเร่งการหมักสูตร DK_2

เนื้อติดมัน	1	กิโลกรัม
กระเทียม	50	กรัม
ข้าวสวย	400	กรัม

สารเร่งการหมักสูตร DK_2	140	กรัม
ประกอบด้วย		
Dextrose	60	กรัม
Lactose	40	กรัม
NaCl	30	กรัม
Glucono-delta-Lactone	3.3	กรัม
KNO_3	0.2	กรัม
ผงชูรส	6	กรัม
พริกไทย	0.5	กรัม

สำหรับไส้ที่ใช้ในการอัดผลิตภัณฑ์จะใช้ไส้หมูซึ่งมีวิธีการนำมาใช้ดังนี้คือ

1. ตัดไส้หมูให้สั้นประมาณ 0.5 เมตร กลับไส้ แล้วล้างสิ่งต่าง ๆ ในไส้หมูออกให้หมด ใช้น้ำสะอาดกรอกไส้เพื่อทดสอบว่ารั่วหรือไม่ หากรั่วใช้ไม่ได้

2. นำไส้ที่ล้างสะอาดมาคลุกกับเกลือ (เพื่อให้ไส้เหนียวขึ้น ไม่ขาดร่ำง่าย) และใบฝรั่ง (เพื่อระงับกลิ่นคาว) ให้ทั่วประมาณ 15-20 นาที

3. ล้างเกลือและใบฝรั่งออกให้หมด พักไว้ (หากเหลือควรเก็บใส่ตู้เย็นแช่แข็งเพื่อเก็บไว้ใช้ในคราวต่อไป)

วิธีการทำไส้กรอกอีสาน

1. นำหมูติดมันบดให้ละเอียด กระเทียมสับละเอียด ข้าวสวย และส่วนผสมทุกอย่างใส่ลงในกาละมังคลุกให้เข้ากัน

2. นำไส้หมูจากที่กล่าวข้างต้น มากรอกส่วนผสมจากข้อ 1 ลงในไส้หมูให้แน่นอย่าให้มีฟองอากาศ เพราะอาจเน่าเสียได้

3. เมื่อกรอกเสร็จใช้เชือกมัดเป็นข้อ ๆ ขนาดตามความพอใจ

4. นำไปตากแดดประมาณ 3 วัน (ถ้าแดดดีตากเฉพาะวันแรกวันเดียวก็ได้) นำมาทอดหรือปิ้งรับประทานได้ ระวังอย่างให้ถูกฝนจะทำให้เน่าเสียได้

การทดลองครั้งนี้ได้แบ่งการทดสอบเพื่อหาสูตรที่เหมาะสม เพื่อจะผลิตไส้กรอกอีสานให้มีมาตรฐานยิ่งขึ้น โดยแบ่งการทดสอบเป็น 3 ส่วน คือ

1. เปรียบเทียบวิธีการผลิตไส้กรอกอีสานโดยธรรมชาติ และการเติมสารเร่งการหมักสูตร DK_1

2. เปรียบเทียบวิธีการผลิตไส้กรอกอีสานโดยธรรมชาติ และวิธีธรรมชาติแต่เติม KNO_3 0.02%

3. เปรียบเทียบวิธีการผลิตไส้กรอกอีสานโดยธรรมชาติที่เติม KNO_3 0.02% กับสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_2

โดยในการเปรียบเทียบจะเก็บตัวอย่างทุกวันตั้งแต่วันที่ 0 (ระยะเริ่มต้นการหมัก) จนถึงวันที่ 5 โดยเก็บทุก ๆ วันเพื่อนำมาศึกษาในหัวข้อต่อไปนี้คือ

1. ชนิดของแบคทีเรียโดยการย้อมสีแบบกรัม (ดูภาคผนวก ข) แตะก้อนไส้กรอกอีสานลงบนสไลด์ smear ทิ้งไว้ในแห้ง fix แช่ใน Xylene นาน 10-15 นาที เพื่อล้างไขมันออกทิ้งไว้ให้แห้ง ย้อมสีแบบกรัม

2. นับแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียแลคติค (ดูภาคผนวก ข) นำตัวอย่างมาทำ dilution ดังนี้

ก่อนบรรจุไส้ (วันที่ 0) ทำ dilution 10^{-4} ,10^{-5} , 10^{-6},10^{-7} และ 10^{-8} หลังหมัก 1-5 วัน ทำ dilution 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} และ 10^{-9} แต่ละ dilution ทำ pour plate ด้วย PCA (Plate count agar) และ MRS medium อาหารแต่ละชนิดทำ 2 plate ต่อ 1 dilution

3. วัด pH

ชั่งตัวอย่างไส้กรอกอีสาน 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ ใช้แท่งแก้วบดไส้กรอกอีสานให้ละเอียดเติมน้ำ 5 มล. วัด pH โดยใช้เครื่อง pH meter

4. วัด acidity (ดูภาคผนวก ข)

ชั่งตัวอย่างไส้กรอกอีสาน 5 กรัม ใส่ใน Erlnemeyer flask ขนาด 250 มล. เติมน้ำกลั่นจนครบ 100 มล. ต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์ออก 10 นาที ไตเตรต กับ 0.1 NNaoH ใช้ phenolphthalein เป็น indicator คำนวณเป็นปริมาณของกรดแลคติคตามสูตร

$$\text{เปอร์เซนต์กรดแลคติค} = \frac{\text{มล.ของ NaOH X normality ของ NaOH X 90.09 X 100}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง(กรัม)X 1000}}$$

5. ตรวจดูลักษณะปรากฏ, ดม, ชิม

เป็นการทดสอบทางประสาทสัมผัส การทดสอบที่ 1 และ 2 จะใช้กลุ่มผู้ทดลองเป็นผู้ทดสอบ ส่วนการทดสอบที่ 3 จะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน เมื่ออายุการหมัก 3 วัน และซื้อไส้กรอกอีสานจากตลาด (ศูนย์การค้า) มาเปรียบเทียบด้วย และใช้ผู้ทดสอบ 32 คน เมื่ออายุการหมัก 4 วัน จากนั้นเอาผลที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติ สำหรับแบบทดสอบ ทางสัมผัสเป็นดังนี้คือ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสาน

ชื่อ ..... วันที่ ..... เวลา .....

คำแนะนำ

1. ดูสี ความน่ารับประทาน และดมกลิ่นอย่างตั้งใจและให้คะแนน
2. ก่อนชิมให้บ้วนปากด้วยน้ำที่เตรียมไว้
3. เวลาชิมให้ชิมในปริมาณพอสมควร และเคี้ยวประมาณ 10 วินาที กลืน บอกความรู้สึกด้วยการให้คะแนน
4. บ้วนปากอีกครั้งด้วยน้ำที่เตรียมไว้ แล้วจึงรับประทานขนมปังแต่เพียงเล็กน้อยเพื่อชับกลิ่นรสที่ยังติดค้างอยู่ แล้วจึงบ้วนปากอีกทีก่อนชิมตัวอย่างต่อไป

การให้คะแนน

9 คะแนน พอใจมากที่สุด
8 คะแนน พอใจมาก
7 คะแนน พอใจ
6 คะแนน ค่อนข้างพอใจ
5 คะแนน รู้สึกเฉยๆ
4 คะแนน ค่อนข้างไม่ชอบ
3 คะแนน ไม่ชอบ
2 คะแนน ไม่ชอบมาก
1 คะแนน ไม่ชอบมากที่สุด

ปัจจัยที่ทดสอบ	ชนิดของตัวอย่าง			
	A	B	C	D
สี				
กลิ่น				
รส – เปรี้ยว				
– เค็ม				
– หวาน				
ลักษณะเนื้อ				
ภาพรวม (การยอมรับ)				

ความคิดเห็น

.....

2. วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของไส้กรอกอีสาน (12) (16)

การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของไส้กรอกอีสานสูตรการหมักโดยธรรมชาติที่เติม KNO_3 0.02% สูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_2 โดยวิเคราะห์หาค่า ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต วัสดุอุปกรณ์และวิธีการอยู่ในภาคผนวก ก

3. การจำแนกชนิดของแบคทีเรียแลคติค

การจำแนกชนิดของแบคทีเรียแลคติคที่พบในไส้กรอกอีสานสูตรการหมักโดยธรรมชาติที่เติม KNO_3 0.02% สูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_2 วัสดุอุปกรณ์อยู่ในภาคผนวก ข

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

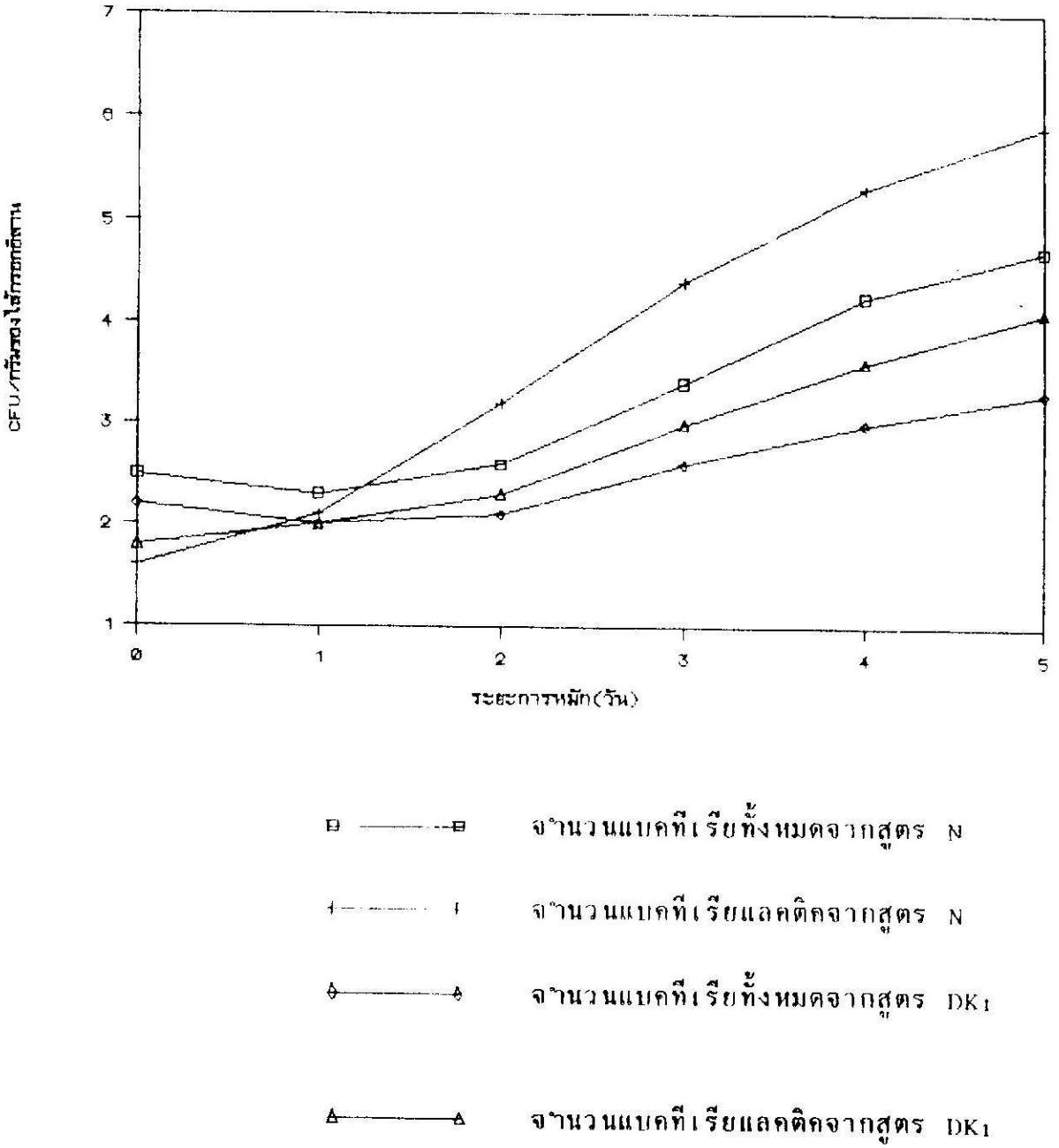
ผลการทดลอง

1. ผลการเปรียบเทียบวิธีการผลิตไส้กรอกอีสานหมักโดยธรรมชาติ และเติมสารเร่งการหมัก DK_1 แสดงในตารางที่ 1 รูปที่ 1,2,3 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

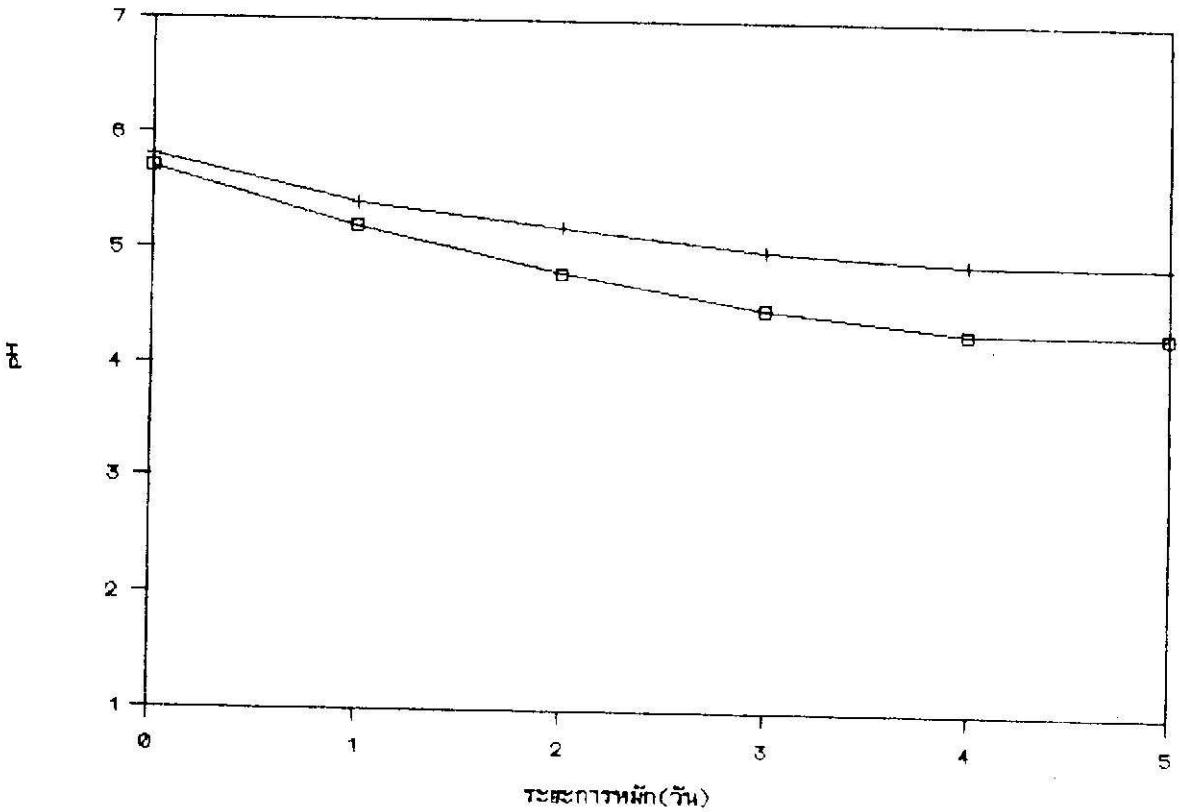
ตารางที่ 1 เปรียบเทียบแบคทีเรียที่พบของไส้กรอกอีสานหมักโดยธรรมชาติ (N) และการเติมสารเร่งการหมัก DK_1

สูตร / วัน	N	DK_1
0	กรัมบวก : รูปกลม : รูปท่อน, ท่อนสั้น	กรัมบวก : รูปกลม, คู่ : รูปท่อน, ท่อนสั้น
1	กรัมบวก : รูปกลม รูปท่อน, ท่อนสั้น	กรัมบวก : รูปกลม, คู่ : รูปท่อน
2	กรัมบวก : รูปกลม, คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม, คู่ : รูปท่อน
3	กรัมบวก : รูปกลม, คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม, คู่ : รูปท่อน
4	กรัมบวก : รูปกลม, คู่&4เซลล์ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม, คู่ : รูปท่อน
5	กรัมบวก : รูปกลม, คู่&4เซลล์ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม, คู่ : รูปท่อน

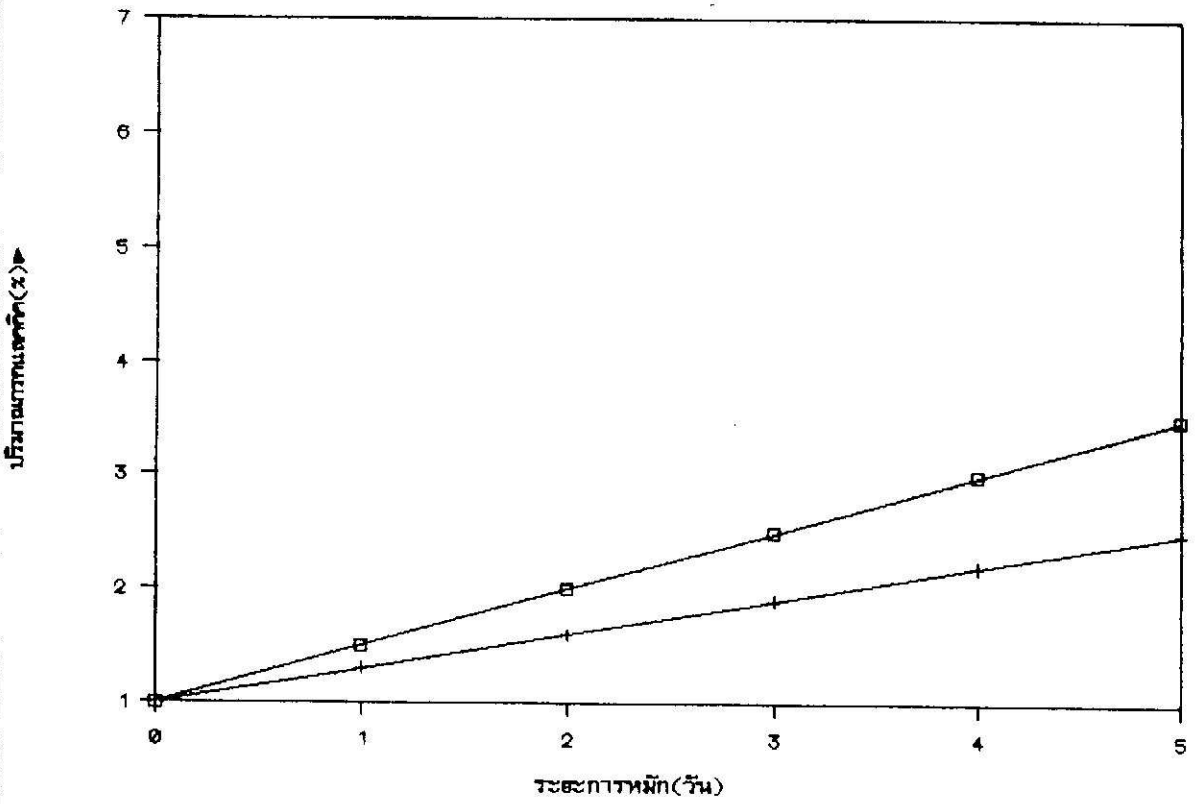
หมายเหตุ ตั้งแต่วันที่ 0-5 พบแบคทีเรียรูปท่อนมากกว่ารูปกลม



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติค กับระยะการหมัก (วัน) จากสูตรธรรมชาติ และสูตร DK_1



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และระยะการหมัก (วัน) จากสูตรธรรมชาติ และสูตร DK_1



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแลคติค และระยะการหมัก (วัน) จากสูตรธรรมชาติ และสูตร DK1

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสูตรธรรมชาติ (N) และสูตร DK1 (DK1)

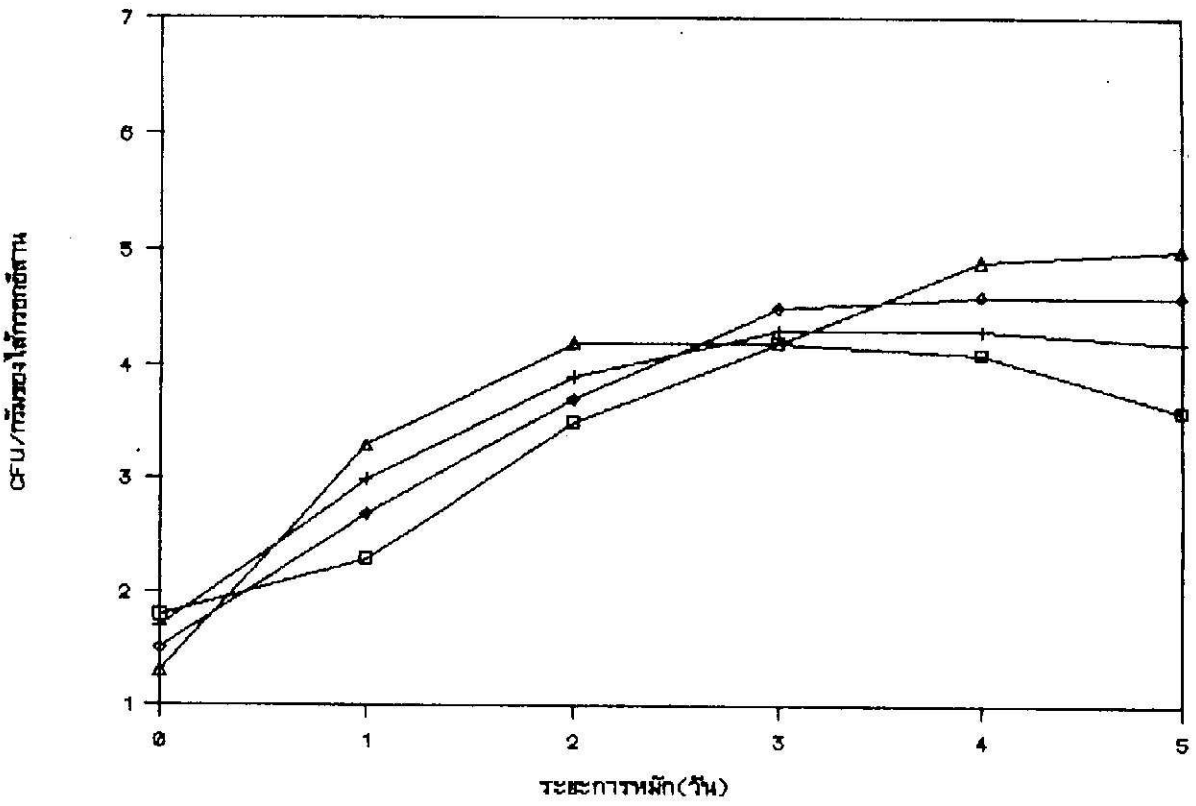
สูตร	N	DK1
ลักษณะปรากฏ คม ชิม	เนื้อสีซีดกว่า แยกไม่ออก เมื่อระยะเวลาหมักมากขึ้น รสเปรี้ยวจะเพิ่มขึ้นและรสเค็มลดลง	เนื้อสีแดงน่ารับประทาน แยกไม่ออก เมื่อระยะเวลาการหมักมากขึ้นรสเปรี้ยวจะเพิ่มขึ้น เค็มลดลง เนื้อแน่น นุ่ม เหนียว กว่าสูตร N

2. <u>ผลการเปรียบเทียบวิธีการผลิตไส้กรอกอีสานเมื่อหมักโดยธรรมชาติ (N) และวิธีธรรมชาติเติม KNO_3 0.02%</u> แสดงผลในตารางที่ 3 รูปที่ 4,5,6 และตารางที่ 4 ตามลำดับ

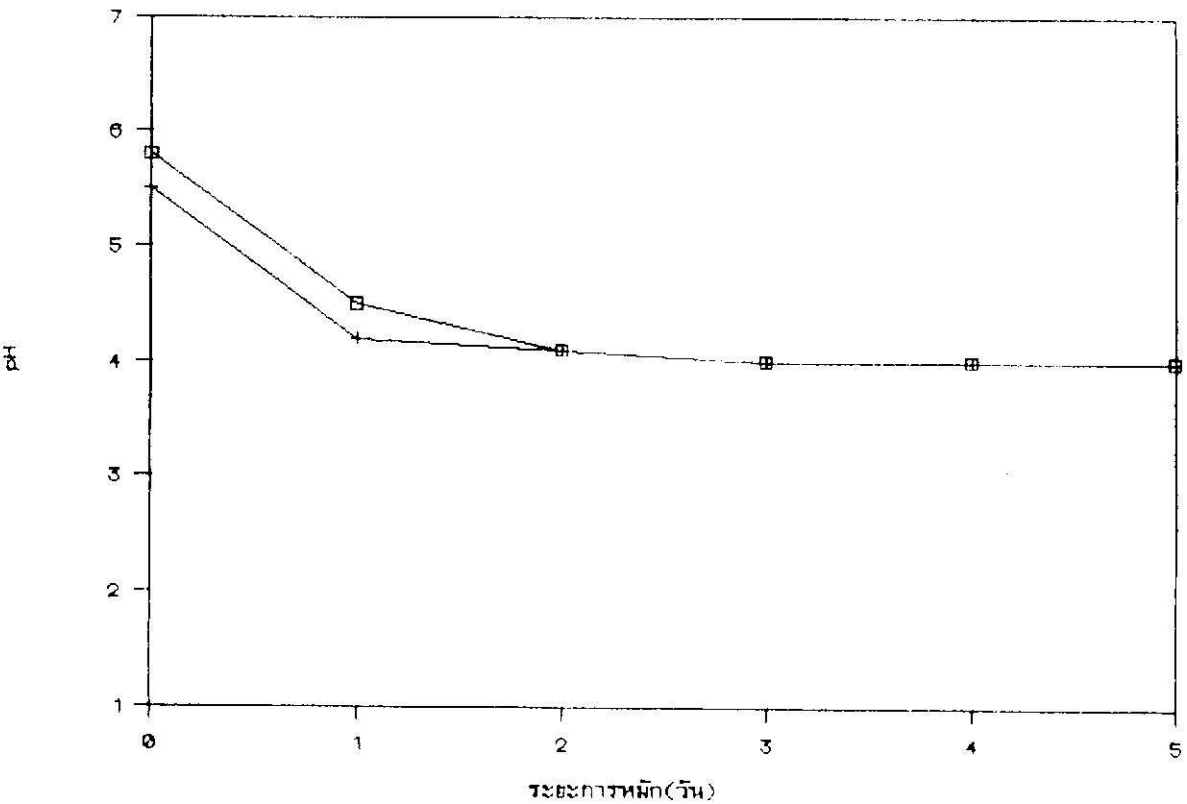
<u>ตารางที่ 3</u> เปรียบเทียบแบคทีเรียที่พบระหว่างวิธีธรรมชาติกับวิธีธรรมชาติที่เติม KNO_3 0.02%

วัน \ สูตร	N	N_{KNO_3}
0	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ & สายสั้น&พวงองุ่น : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ & พวงองุ่น : รูปท่อน
1	กรัมบวก : รูปกลม,สายสั้น พวงองุ่น : รูปท่อน,ท่อนสั้น	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ & พวงองุ่น : รูปท่อน
2	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน
3	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน
4	กรัมบวก : รูปกลม,คู่&4เซลล์ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน
5	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน

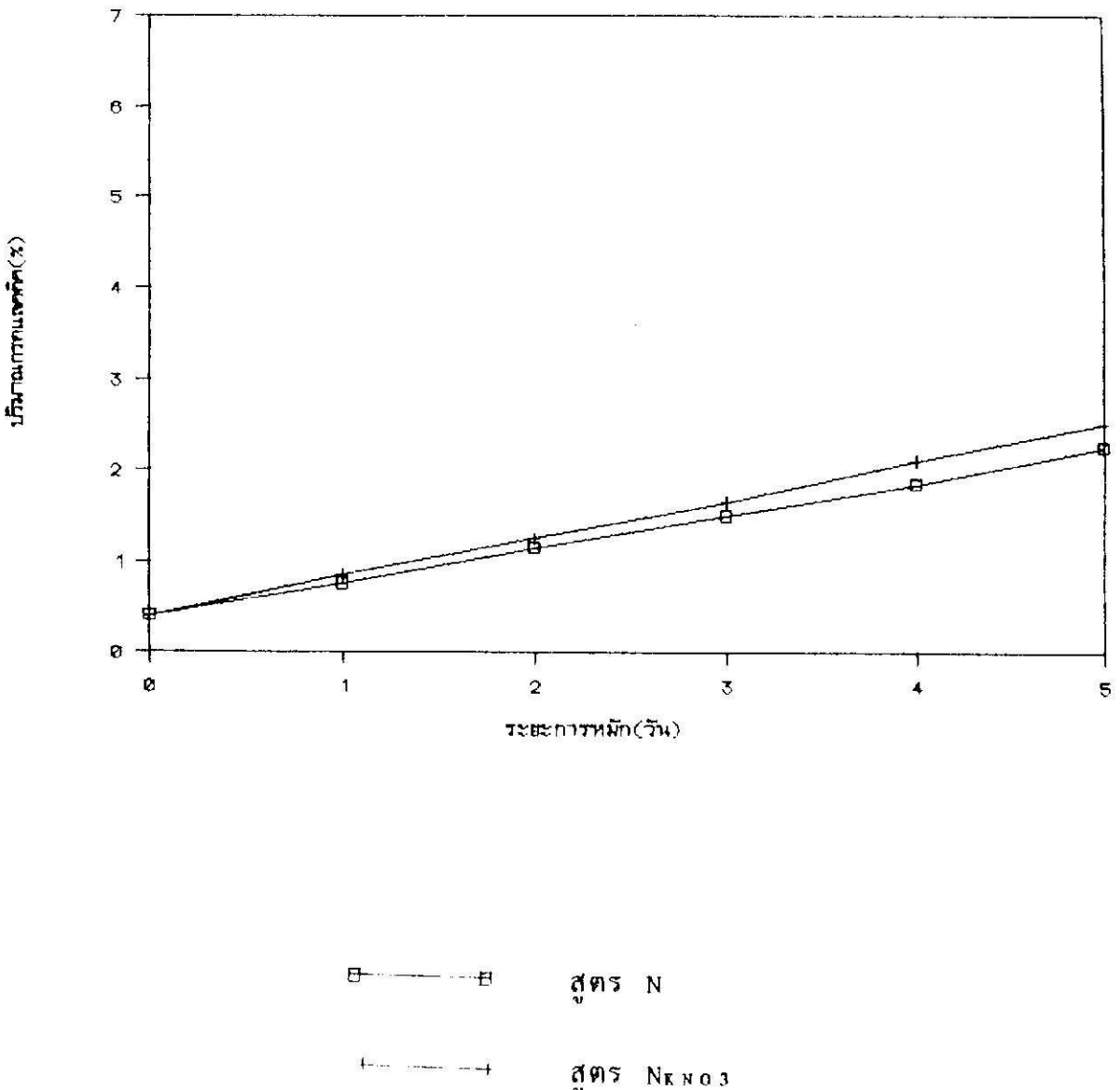
หมายเหตุ ตั้งแต่วันที่ 0-5 พบแบคทีเรียรูปท่อนมากกว่ารูปกลม



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติค กับระยะการหมัก (วัน) จากสูตรธรรมชาติ และสูตรธรรมชาติที่เติม KNO_3



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และระยะการหมัก (วัน) จากสูตรธรรมชาติ และสูตรธรรมชาติเติม KNO_3



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแลคติค และระยะการหมัก (วัน) จากสูตรธรรมชาติ และสูตรธรรมชาติเติม KNO_3

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างวิธีธรรมชาติ และเมื่อเติม KNO_3 0.02%

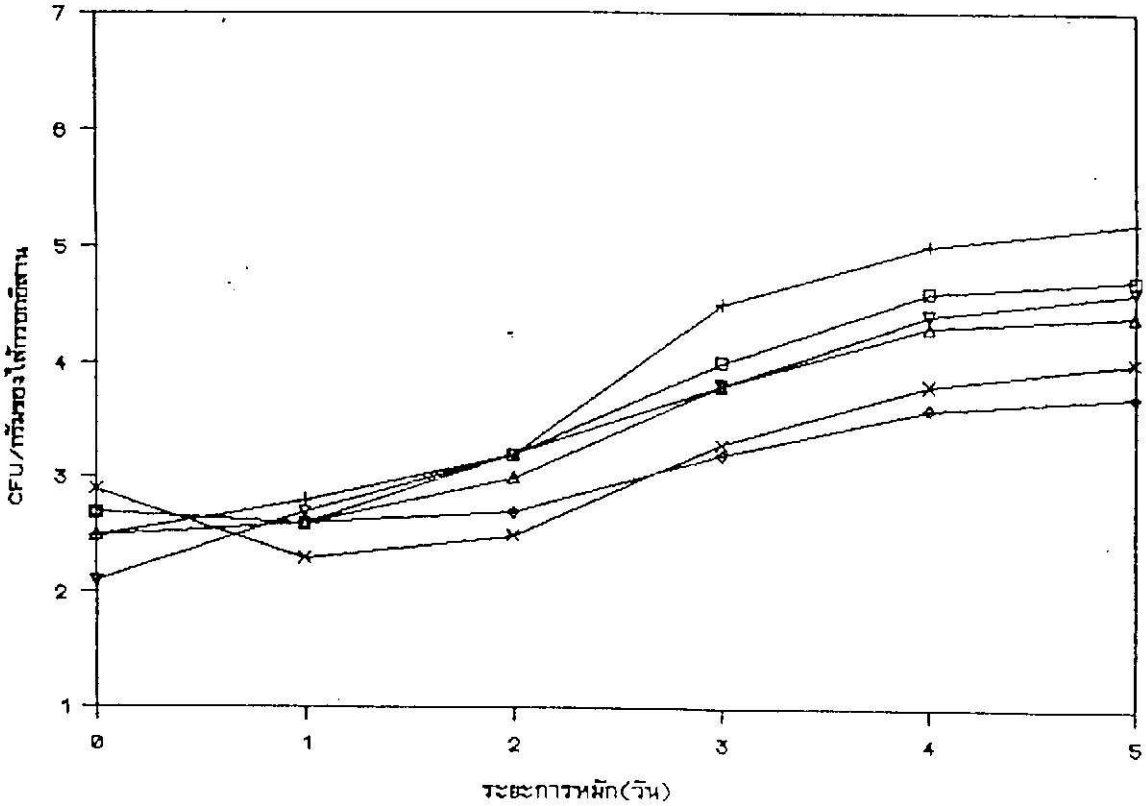
สูตร	N	N_{KNO_3}
ลักษณะปรากฏ ดม ชิม	เนื้อสีซีดกว่า N_{KNO_3} แยกไม่ออก ระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น รสเปรี้ยวเพิ่มขึ้นและ รสเค็มลดลง	เนื้อสีแดง, แน่น แยกไม่ออก เมื่อระยะเวลาการหมัก มากขึ้นรสเปรี้ยวจะเพิ่มขึ้น เค็มลดลง สูตร N_{KNO_3} จะเปรี้ยวมาก กว่า N เล็กน้อย และเนื้อ จะแน่น นุ่ม เหนียว กว่า

3. การเปรียบเทียบวิธีการผลิตไส้กรอกอีสานด้วยวิธีธรรมชาติที่เติม KNO_3 (N_{KNO_3}) วิธีเติมสารเร่งการหมักสูตร DK_1 (DK_1) และเติมสารเร่งการหมัก DK_2 (DK_2) แสดงผลในตารางที่ 5 รูปที่ 7,8,9 และตารางที่ 1-16 ในภาคผนวก ง

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบแบคทีเรียที่พบในไส้กรอกอีสานทั้ง 3 สูตร

สูตร / วัน	N_{KNO_3}	DK_1	DK_2
0	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ สายสั้น&พวงองุ่น : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ & พวงองุ่น : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน
1	กรัมบวก : รูปกลม,คู่,สายสั้น : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน
2	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน
3	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน
4	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน
5	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน	กรัมบวก : รูปกลม,คู่ : รูปท่อน

หมายเหตุ ตั้งแต่วันที่ 0-5 พบแบคทีเรียรูปท่อนมากกว่ารูปกลม



จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดจากสูตร N_{KNO3}

จำนวนแบคทีเรียแลคติคจากสูตร N_{KNO3}

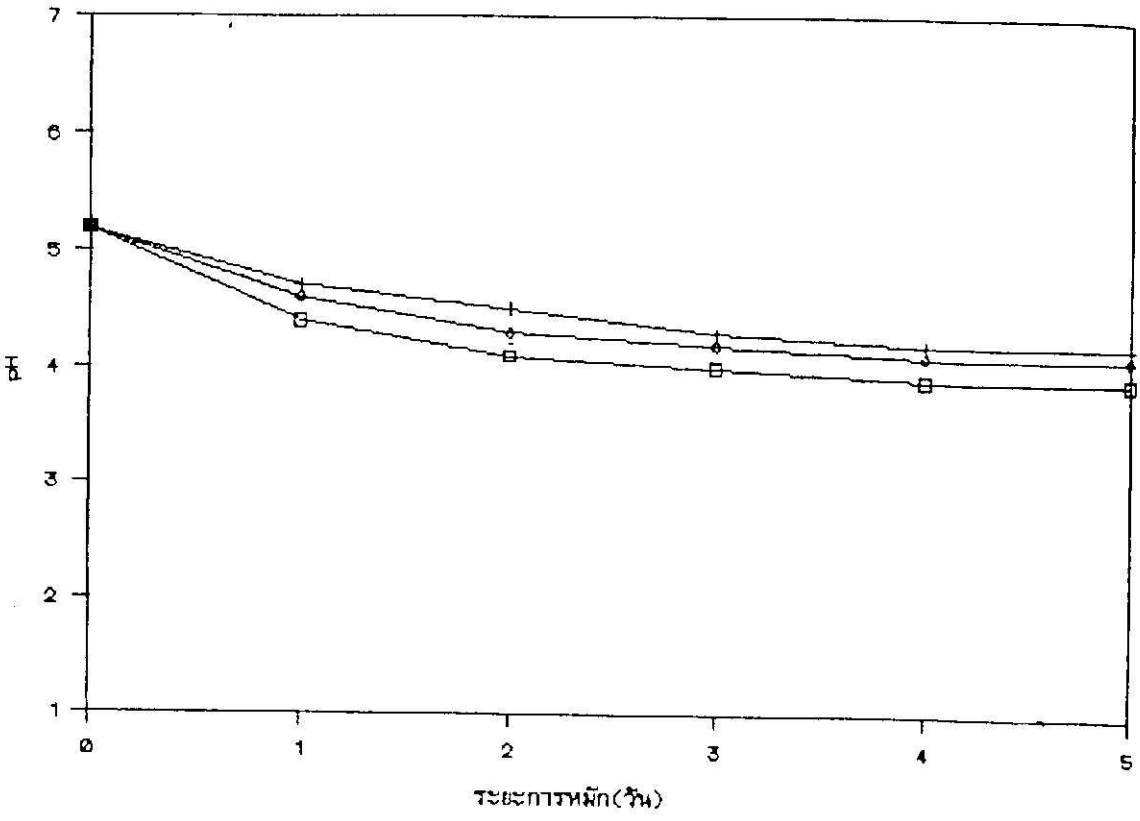
จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดจากสูตร DK_1

จำนวนแบคทีเรียแลคติคจากสูตร Dk_1

จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดจากสูตร DK_2

จำนวนแบคทีเรียแลคติคจากสูตร DK_2

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติคกับระยะการหมัก (วัน) จากสูตรธรรมชาติเติม N_{KNO3} และเติมสารเร่งการหมักสูตร DK_1 และ DK_2

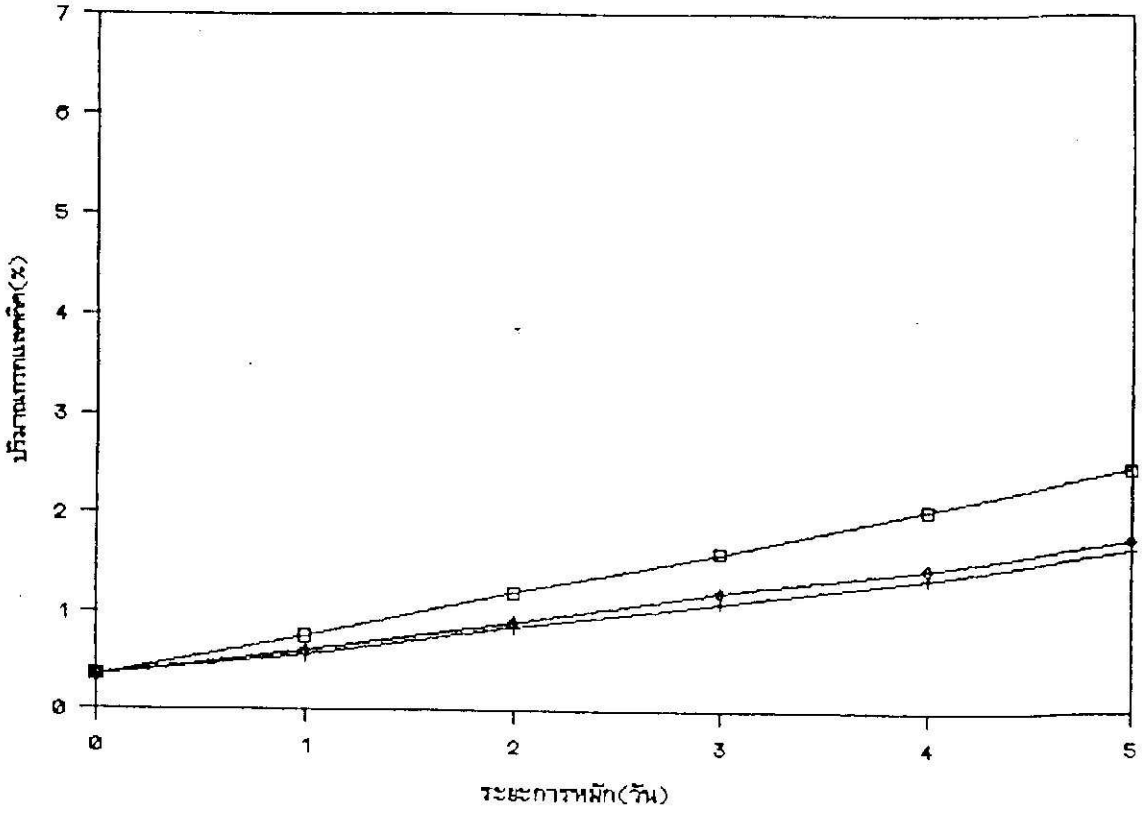


สูตร N_{KNO_3}

สูตร DK_1

สูตร DK_2

รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะการหมัก (วัน) จากสูตรธรรมชาติเติม N_{KNO_3}, สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และ DK_2



สูตร N_{KNO3}

สูตร DK_1

สูตร DK_2

รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแลคติคกับระยะการหมัก (วัน จากสูตรธรรมชาติเติม N_{KNO3} และเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และ DK_2

ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ คือ A = สูตรการหมักธรรมชาติแบบเติม KNO_3 B= สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 C= สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 และ D=ไส้กรอกอีสานที่จำหน่ายในท้องตลาด ได้ผลทดสอบดังนี้

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องสี ของไส้กรอกอีสาน สูตรต่างๆ เมื่อหมักได้ 3 วัน

สูตร / ลำดับ	A (NKNO3)	B (DK1)	C (DK2)	D (ซื้อจากตลาด)
1	4	8	7	7
2	8	8	8	8
3	6	8	7	8
4	7	8	7	7
5	5	7	5	7
6	5	7	8	8
7	4	8	8	8
8	4	8	9	8
9	7	8	8	7
10	6	7	7	6
11	6	8	7	6
12	6	6	6	7
13	6	6	8	6
14	8	8	9	8
15	5	9	8	7
16	6	6	7	5
17	5	8	8	6
18	5	6	6	7
19	3	6	7	6
20	5	7	7	9
21	6	8	8	7
22	4	7	7	4
23	4	7	7	6
24	6	6	8	7
25	8	9	7	6
26	8	7	7	9
27	7	7	8	7
28	9	9	9	9
29	4	6	6	4
30	9	9	9	9

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องกลิ่นของไส้กรอกอีสาน สูตรต่างๆ เมื่อหมักได้ 3 วัน

ลำดับ \ สูตร	A (N_{KNO_3})	B (DK_1)	C (DK_2)	D (ซื้อจากตลาด)
1	4	8	7	8
2	8	8	8	8
3	6	8	7	8
4	8	8	7	7
5	6	6	7	7
6	3	5	7	9
7	4	8	8	7
8	4	9	8	9
9	7	8	9	8
10	7	6	7	7
11	4	6	3	7
12	3	6	3	7
13	8	7	7	6
14	8	8	8	8
15	5	7	6	9
16	7	7	7	4
17	4	6	6	7
18	4	7	4	5
19	3	6	6	7
20	8	6	6	8
21	7	8	9	6
22	4	7	7	6
23	4	7	4	7
24	5	5	5	5
25	7	8	5	5
26	7	7	8	8
27	6	8	8	9
28	9	9	9	9
29	7	7	7	7
30	8	9	9	9

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องลักษณะเนื้อของไส้กรอกอีสาน สูตรต่างๆ เมื่อหมักได้ 3 วัน

ลำดับ \ สูตร	A (N_{KNO_3})	B (DK_1)	C (DK_1)	D (ซื้อจากตลาด)
1	7	7	7	9
2	7	7	8	7
3	7	8	7	8
4	8	8	6	6
5	7	4	5	5
6	3	5	6	7
7	4	7	6	5
8	5	6	6	7
9	8	8	8	8
10	7	7	7	6
11	5	6	4	6
12	3	6	3	6
13	7	7	8	6
14	8	8	8	8
15	6	9	8	5
16	7	8	9	6
17	7	7	7	7
18	3	6	4	5
19	2	6	8	6
20	6	7	7	8
21	6	8	9	7
22	5	6	7	5
23	6	6	6	6
24	6	8	8	6
25	6	7	6	6
26	7	6	4	5
27	4	8	8	7
28	9	9	9	5
29	6	7	7	6
30	6	8	9	4

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องรสของไส้กรอกอีสาน สูตรต่างๆ เมื่อหมักได้ 3 วัน

สูตร / ลำดับ	A(1) (N_{KNO_3})			B(2) (DK_1)			C(3) (DK_2)			D(4) (ซื้อจากตลาด)		
	เปรี้ยว	เค็ม	หวาน	เปรี้ยว	เค็ม	หวาน	เปรี้ยว	เค็ม	หวาน	เปรี้ยว	เค็ม	หวาน
1	7	7	7	6	6	8	7	7	8	7	7	8
2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
3	6	6	6	7	7	7	6	7	6	7	6	6
4	7	8	6	7	8	6	4	5	5	6	5	5
5	3	2	4	5	3	4	4	4	6	4	3	4
6	3	2	2	5	4	4	6	5	5	3	5	3
7	3	3	3	7	7	7	6	6	6	4	5	5
8	1	5	5	7	7	7	5	4	5	5	6	6
9	7	8	7	8	8	7	8	8	7	6	7	6
10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	6
11	6	5	5	6	6	6	4	4	4	5	5	5
12	3	3	6	3	3	5	5	5	6	5	5	5
13	6	7	6	5	4	5	7	5	8	8	8	8
14	9	9	8	9	9	9	8	9	9	6	7	7
15	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7
16	5	6	7	8	8	8	7	9	9	7	7	6
17	7	4	3	7	4	7	6	7	7	8	7	7
18	5	5	5	5	5	4	4	4	5	6	6	6
19	3	3	5	4	6	4	4	5	4	7	5	4
20	2	3	2	7	4	7	7	4	7	8	7	8
21	6	6	6	8	9	9	8	9	9	7	6	6
22	3	6	5	6	4	6	6	7	6	4	4	4
23	3	4	4	6	6	4	4	4	6	6	5	4
24	6	7	7	6	6	6	8	8	8	6	6	6
25	4	4	–	5	5	–	6	5	–	6	7	–
26	9	9	9	6	7	5	4	4	5	5	6	6
27	7	9	9	9	9	9	9	4	9	8	9	9
28	5	3	1	5	3	2	5	3	2	9	9	9
29	7	7	7	7	7	7	6	4	6	7	6	6
30	6	4	7	7	7	8	9	9	9	3	4	4

หมายเหตุ – หมายถึงผู้ทดสอบไม่กรอกคะแนน

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องการยอมรับของไส้กรอกอีสาน สูตรต่างๆ เมื่อหมักได้ 3 วัน

ลำดับ \ สูตร	A (N_{KNO3})	B (DK_1)	C (DK_2)	D (ซื้อจากตลาด)
1	3	6	7	8
2	8	8	8	7
3	6	8	6	7
4	8	8	6	6
5	3	6	6	5
6	4	6	7	7
7	4	7	6	6
8	1	7	6	6
9	7	8	8	6
10	7	7	8	6
11	4	7	3	5
12	4	4	4	7
13	6	6	7	6
14	8	9	8	7
15	-	-	-	-
16	-	-	-	-
17	4	6	7	8
18	4	5	4	6
19	3	6	5	7
20	2	7	7	9
21	6	8	8	7
22	4	6	7	4
23	-	-	-	-
24	7	7	8	7
25	5	7	6	5
26	8	7	6	6
27	6	8	7	6
28	9	9	9	9
29	-	9	-	-
30	-	-	9	-

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องสีของใส้กรอกอีสาน สูตรต่างๆ เมื่อหมักได้ 4 วัน

ลำดับ \ สูตร	A (N_{KNO_3})	B (DK_1)	C (DK_2)
1	7	7	5
2	7	9	5
3	9	8	5
4	9	8	7
5	6	4	4
6	8	7	8
7	8	8	7
8	9	8	8
9	8	7	7
10	6	5	5
11	7	6	8
12	9	8	8
13	8	9	6
14	7	8	7
15	7	8	6
16	8	7	7
17	8	6	5
18	8	8	8
19	8	5	5
20	6	6	6
21	9	8	7
22	9	8	4
23	9	8	7
24	9	8	7
25	9	8	8

ตารางที่ 11 (ต่อ)

สูตร / ลำดับ	A (N_{KNO_3})	B (DK_1)	C (DK_2)
26	8	8	7
27	8	7	5
28	5	5	4
29	9	8	7
30	6	6	7
31	9	8	6
32	9	6	6

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องกลิ่นของไส้กรอกอี
สูตรต่างๆ เมื่อหมักได้ 4 วัน

ลำดับ \ สูตร	A (N_{KNO_3})	B (DK_1)	C (DK_2)
1	8	8	7
2	8	7	6
3	8	5	6
4	7	7	7
5	6	6	3
6	7	8	8
7	8	8	8
8	6	7	7
9	5	5	4
10	5	5	5
11	6	8	8
12	6	7	5
13	5	5	3
14	6	7	6
15	4	4	3
16	8	5	8
17	4	4	4
18	7	7	7
19	8	4	6
20	6	6	4
21	8	8	8
22	9	8	6
23	8	8	8
24	9	7	7
25	8	8	9

ตารางที่ 12 (ต่อ)

สูตร / ลำดับ	A (N_{KNO_3})	B (DK_1)	C (DK_2)
26	8	7	7
27	7	6	6
28	5	5	4
29	5	5	5
30	3	3	3
31	6	7	8
32	5	5	5

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องลักษณะเนื้อของไส้กรอกอีสาน สูตรต่างๆ เมื่อหมักได้ 4 วัน

ลำดับ \ สูตร	A ($NKNO_3$)	B (DK_1)	C (DK_2)
1	7	7	7
2	6	9	8
3	8	9	7
4	8	6	8
5	7	6	5
6	8	8	8
7	8	8	8
8	8	7	7
9	7	7	5
10	6	7	7
11	3	5	6
12	6	6	6
13	8	8	7
14	6	6	4
15	7	7	7
16	6	6	6
17	7	8	8
18	8	8	8
19	8	5	5
20	5	6	7
21	9	8	8
22	-	-	-
23	8	8	8
24	9	8	8
25	8	8	9

ตารางที่ 13 (ต่อ)

สูตร / ลำดับ	A (N_{KNO_3})	B (DK_1)	C (DK_2)
26	8	8	7
27	-	-	-
28	3	5	7
29	-	-	-
30	7	8	8
31	5	7	8
32	4	8	6

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องรสของไส้กรอกอีสาน สูตรต่างๆ เมื่อหมักได้ 4 วัน

สูตร / ลำดับ	A(1) (N_{KNO3})			B(2) (DK_1)			C(3) (DK_2)		
	เปรี้ยว	เค็ม	หวาน	เปรี้ยว	เค็ม	หวาน	เปรี้ยว	เค็ม	หวาน
1	7	7	8	8	8	8	4	4	4
2	8	8	9	9	8	9	8	6	7
3	8	7	5	9	7	5	7	7	5
4	8	6	5	8	7	5	7	6	5
5	6	7	5	7	8	4	4	7	3
6	7	7	7	8	8	8	6	7	6
7	7	7	7	5	7	7	7	7	7
8	7	8	5	6	7	5	7	5	5
9	7	7	7	4	4	4	4	4	4
10	5	3	6	5	5	6	4	4	5
11	5	5	3	6	5	5	6	8	6
12	6	4	3	8	6	5	4	4	5
13	7	7	7	8	8	8	4	–	–
14	7	7	6	6	6	6	4	4	4
15	8	8	8	9	9	9	6	6	6
16	7	7	7	7	7	7	3	3	3
17	7	7	7	7	7	7	8	8	8
18	7	6	8	7	7	8	4	6	8
19	8	8	8	6	6	4	4	4	4
20	4	6	4	4	6	5	3	4	4
21	8	8	8	9	8	8	6	7	7
22	8	8	8	8	7	5	5	5	4
23	8	4	6	8	6	6	6	4	5
24	8	8	8	6	7	8	6	6	6
25	7	8	7	6	8	8	7	7	7

ตารางที่ 14 (ต่อ)

สูตร / ลำดับ	A(1) (N_{KNO3})			B(2) (DK_1)			C(3) (DK_2)		
	เปรี้ยว	เค็ม	หวาน	เปรี้ยว	เค็ม	หวาน	เปรี้ยว	เค็ม	หวาน
26	8	7	7	6	7	7	4	5	6
27	4	4	7	6	5	7	4	4	5
28	8	6	4	7	6	6	4	5	5
29	6	5	5	6	6	5	6	5	5
30	8	6	7	7	7	5	6	5	5
31	7	8	4	6	8	4	4	7	5
32	2	-	-	3	-	-	2	-	-

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบการให้คะแนนเรื่องภาพรวม(การยอมรับ) ของไส้กรอกอีสาน สูตรต่างๆ เมื่อหมักได้ 4 วัน

สูตร / ลำดับ	A (N_{KNO_3})	B (DK_1)	C (DK_2)
1	8	8	4
2	8	9	7
3	8	9	7
4	8	8	6
5	6	5	4
6	8	8	7
7	8	7	8
8	8	7	7
9	7	4	4
10	4	6	5
11	–	–	–
12	6	7	6
13	8	8	5
14	6	7	5
15	8	9	6
16	8	7	5
17	7	7	8
18	7	7	7
19	8	5	5
20	6	6	4
21	8	7	7
22	7	6	3
23	9	8	7
24	9	8	8
25	8	7	6

ตารางที่ 15 (ต่อ)

สูตร / ลำดับ	A (N_KNO_3)	B (DK_1)	C (DK_2)
26	5	5	5
27	5	5	5
28	7	6	5
29	-	-	-
30	6	7	6
31	6	6	5
32	3	3	3

ผลการวิเคราะห์ทดสอบทางประสาทสัมผัส รายละเอียดการวิเคราะห์ค่าทางสถิติจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS/PC+ ดูภาคผนวก ค และผลการวิเคราะห์อยู่ในภาคผนวก ง จากผลการวิเคราะห์ในภาคผนวก ง จะสรุปได้ดังนี้

<u>เมื่อหมักได้ 3 วัน</u>

1. สีของอาหารสูตรที่ 1(A)แตกต่างจากสูตรอาหารที่ 2(B) สูตรที่ 3(C) และสูตรที่ 4 (D) ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$
2. กลิ่นของอาหารสูตรที่ 1 (A) แตกต่างจากสูตรอาหารที่ 2 (B) สูตรที่ 3 (C) และสูตรที่ 4 (D) ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$
3. ลักษณะเนื้อของอาหารสูตรที่ 1 (A) แตกต่างจากสูตรอาหารที่ 2(B) อย่างมีนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ และลักษณะเนื้อของสูตรอาหารที่ 1 (A) แตกต่างกับอาหารสูตรที่ 3 (C) อย่างมีนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$
4. ไม่มีผลกระทบร่วมกันระหว่างสูตรอาหารแต่ละสูตรกับรสชาติของอาหาร เนื่องจากรสชาติใกล้เคียงกันมาก ทำให้ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยที่ได้รับ

<u>เมื่อหมัก 4 วัน</u>

1. ค่าเฉลี่ยของสูตรอาหารที่ 1(A),2(B) และ 3(C) แตกต่างกันในเรื่องของสีอย่างมีนัยสำคัญระดับ $\alpha = 0.05$
2. ค่าเฉลี่ยของสูตรอาหาร A,B และ C ในเรื่องกลิ่นไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

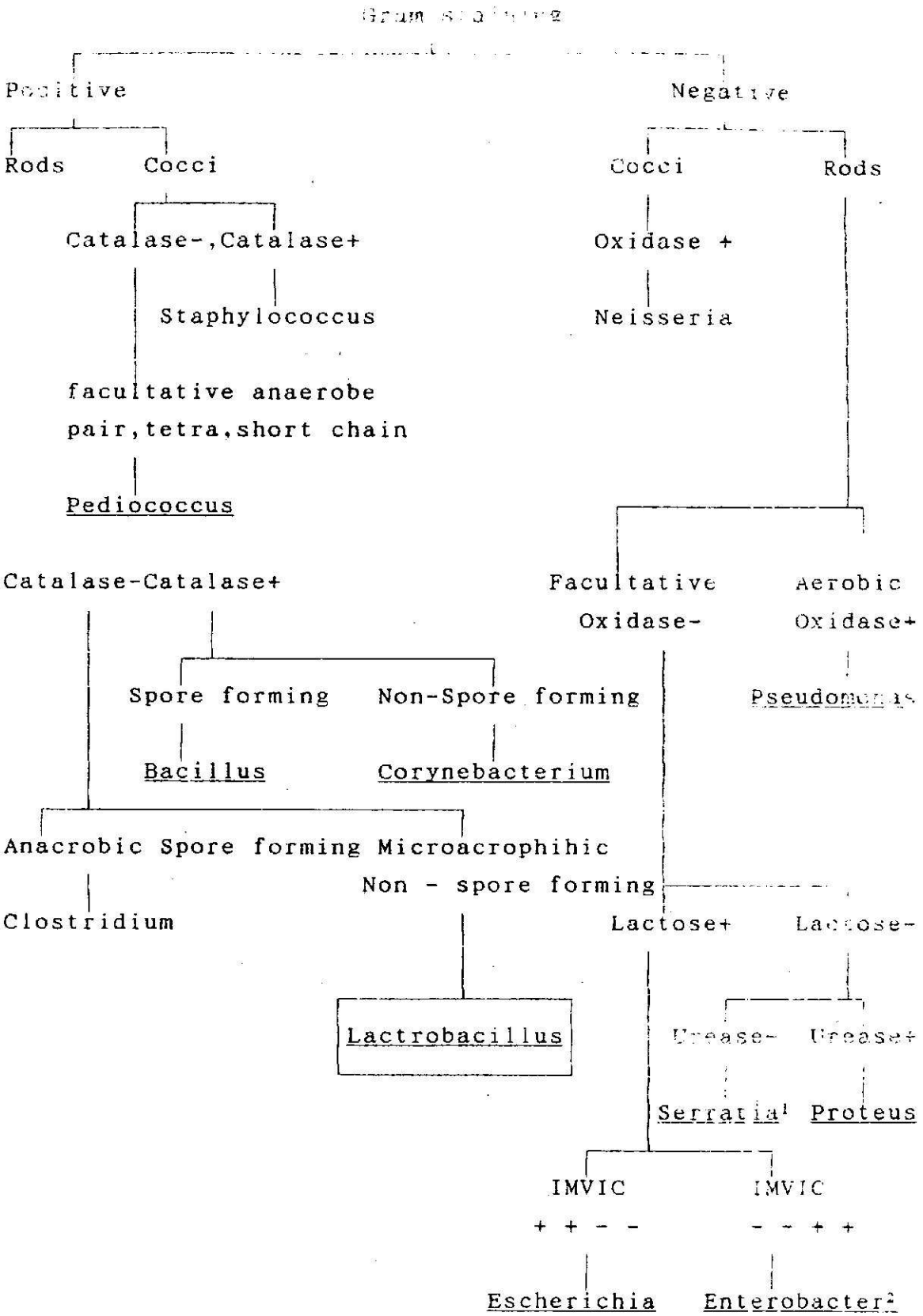
3. ค่าเฉลี่ยของสูตรอาหาร A,B และ C ในเรื่องเกี่ยวกับลักษณะเนื้อไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$
4. ไม่มีผลกระทบร่วมกันระหว่างสูตรอาหารแต่ละสูตรกับรสชาติของอาหาร เนื่องจากมีรสชาติใกล้เคียงกันมาก ทำให้ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยที่ได้รับ

2. ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของไส้กรอกอีสานที่หมักโดยธรรมชาติเติม KNO_3 (N_{KNO_3}) , สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 (DK_1) และสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 (DK_2) เมื่อหมักได้ 3 วัน แสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 คุณค่าทางอาหารของไส้กรอกอีสาน สูตร N_{KNO_3} DK_1 และ DK_2

สูตร/องค์ประกอบ (%)	N_{KNO_3}	DK_1	DK_2
ความชื้น	46.20	47.16	47.20
เถ้า	3.83	3.80	3.85
โปรตีน	13.50	10.62	12.51
ไขมัน	36.02	37.09	36.04
คาร์โบไฮเดรต	0.45	1.33	0.4

3. ผลจากการจัดจำแนกชนิดของแบคทีเรียแลคติคที่พบในไส้กรอกอีสาน สูตร N_{KNO_3} สูตร DK_1 และสูตร DK_2 ผลแสดงในแผนผังจะแยกได้ในระดับสกุล (Genus)



1= Some strains of serratia ferment lactose

2= The genus Enterobacter was previously called Aerobacter

ผลการแยกในระดับชนิด (species) ของ Lactobacillus sp.แสดงในตารางที่ 17

ส่วนของ Pediococcus sp. แสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 17 ผลการจำแนก species ของ Lactobacillus sp. ในไส้กรอกอีสานสูตรต่างๆ

(9)

สูตร	N_{KNO3}	DK_1	DK_2	DK_2
จำนวน isotate	16	11	12	1
Lactose	A	A	A	A
Sucrose	A	A	A	A
Mannitol	A	A	A	A
NH_3จากarginine	-	-	-	-
เจริญที่ 45°ซ	+	+	+	+
เจริญใน 4% NaCl	+	+	+	+
Species	L.plantarum	L.plantarum	L.plantarum	L.brevis

หมายเหตุ จำนวน isolate จะเก็บจากไส้กรอกอีสานแต่ละสูตร โดยเก็บวันละ 4 isolate ตั้งแต่วันที่ 1 จนถึงวันที่ 5

ตารางที่ 18 ผลการจำแนก species ของ Pediococcus sp. ในไส้กรอกอีสานสูตรต่างๆ

(11)

สูตร	N_{KNO_3}	DK_1	DK_2	DK_2
จำนวน isolate	4	9	6	1
37° ซ	+	+	+	+
45° ซ	+	+	+	-
pH 4.4	+	+	+	-
pH 8.6	+	+	+	+
5% NaCl	-	-	-	+
10% NaCl	sl	sl	sl	+
Rogoya medium	+	+	+	+
NH_3 จาก arginin	+	+	+	+
species	P.cerevisiae	P.cerevisiae	P.cerevisiae	P.halophilus

A = Acid (กรด)
sl = slight (น้อย)
+ = มีการเจริญ,ให้ผลการทดสอบเป็นบวก
- = ไม่เจริญ,ให้ผลการทดสอบเป็นลบ

หมายเหตุ จำนวน isolate จะเก็บจากไส้กรอกอีสานแต่ละสูตรโดยเก็บวันละ 4 isolate ตั้งแต่วันที่ 1 จนถึงวันที่ 5

ตารางที่ 15 (ต่อ)

สูตร / ลำดับ	A (N_KNO_3)	B (DK_1)	C (DK_2)
26	5	5	5
27	5	5	5
28	7	6	5
29	-	-	-
30	6	7	6
31	6	6	5
32	3	3	3

ผลการวิเคราะห์ทดสอบทางประสาทสัมผัส รายละเอียดการวิเคราะห์ค่าทางสถิติจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS/PC+ ดูภาคผนวก ค และผลการวิเคราะห์อยู่ในภาคผนวก ง จากผลการวิเคราะห์ในภาคผนวก ง จะสรุปได้ดังนี้

<u>เมื่อหมักได้ 3 วัน</u>

1. สีของอาหารสูตรที่ 1(A)แตกต่างจากสูตรอาหารที่ 2(B) สูตรที่ 3(C) และสูตรที่ 4 (D) ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$
2. กลิ่นของอาหารสูตรที่ 1 (A) แตกต่างจากสูตรอาหารที่ 2 (B) สูตรที่ 3 (C) และสูตรที่ 4 (D) ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$
3. ลักษณะเนื้อของอาหารสูตรที่ 1 (A) แตกต่างจากสูตรอาหารที่ 2(B) อย่างมีนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ และลักษณะเนื้อของสูตรอาหารที่ 1 (A) แตกต่างกับอาหารสูตรที่ 3 (C) อย่างมีนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$
4. ไม่มีผลกระทบร่วมกันระหว่างสูตรอาหารแต่ละสูตรกับรสชาติของอาหาร เนื่องจากรสชาติใกล้เคียงกันมาก ทำให้ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยที่ได้รับ

<u>เมื่อหมัก 4 วัน</u>

1. ค่าเฉลี่ยของสูตรอาหารที่ 1(A),2(B) และ 3(C) แตกต่างกันในเรื่องของสีอย่างมีนัยสำคัญระดับ $\alpha = 0.05$
2. ค่าเฉลี่ยของสูตรอาหาร A,B และ C ในเรื่องกลิ่นไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

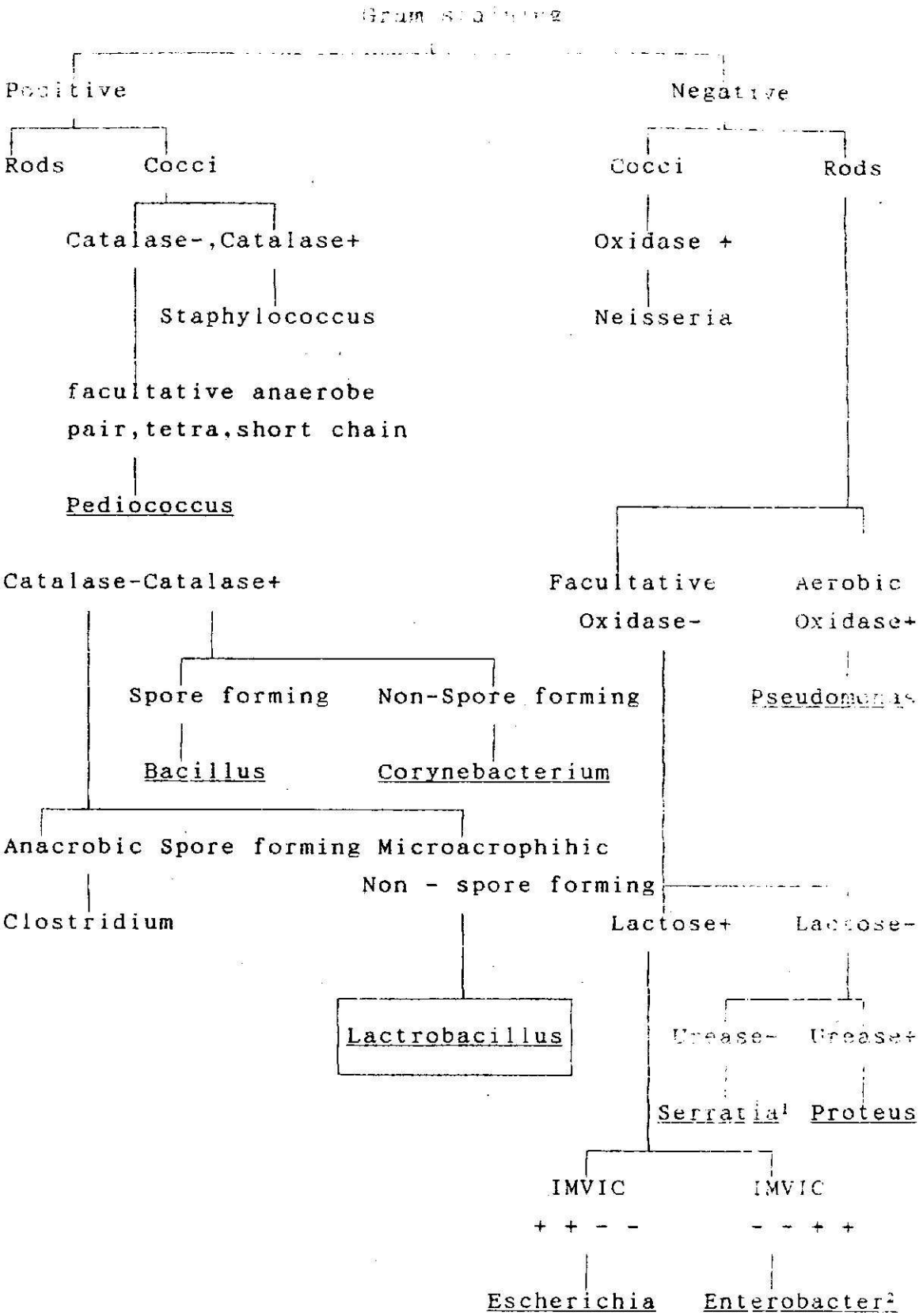
3. ค่าเฉลี่ยของสูตรอาหาร A,B และ C ในเรื่องเกี่ยวกับลักษณะเนื้อไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$
4. ไม่มีผลกระทบร่วมกันระหว่างสูตรอาหารแต่ละสูตรกับรสชาติของอาหาร เนื่องจากมีรสชาติใกล้เคียงกันมาก ทำให้ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยที่ได้รับ

2. ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของไส้กรอกอีสานที่หมักโดยธรรมชาติเติม KNO_3 (N_{KNO_3}) , สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 (DK_1) และสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 (DK_2) เมื่อหมักได้ 3 วัน แสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 คุณค่าทางอาหารของไส้กรอกอีสาน สูตร N_{KNO_3} DK_1 และ DK_2

สูตร/องค์ประกอบ (%)	N_{KNO_3}	DK_1	DK_2
ความชื้น	46.20	47.16	47.20
เถ้า	3.83	3.80	3.85
โปรตีน	13.50	10.62	12.51
ไขมัน	36.02	37.09	36.04
คาร์โบไฮเดรต	0.45	1.33	0.4

3. ผลจากการจัดจำแนกชนิดของแบคทีเรียแลคติคที่พบในไส้กรอกอีสาน สูตร N_{KNO_3} สูตร DK_1 และสูตร DK_2 ผลแสดงในแผนผังจะแยกได้ในระดับสกุล (Genus)



1= Some strains of serratia ferment lactose

2= The genus Enterobacter was previously called Aerobacter

ผลการแยกในระดับชนิด (species) ของ Lactobacillus sp.แสดงในตารางที่ 17

ส่วนของ Pediococcus sp. แสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 17 ผลการจำแนก species ของ Lactobacillus sp. ในไส้กรอกอีสานสูตรต่างๆ

(9)

สูตร	N_{KNO3}	DK_1	DK_2	DK_2
จำนวน isotate	16	11	12	1
Lactose	A	A	A	A
Sucrose	A	A	A	A
Mannitol	A	A	A	A
NH_3จากarginine	-	-	-	-
เจริญที่ 45°ซ	+	+	+	+
เจริญใน 4% NaCl	+	+	+	+
Species	L.plantarum	L.plantarum	L.plantarum	L.brevis

หมายเหตุ จำนวน isolate จะเก็บจากไส้กรอกอีสานแต่ละสูตร โดยเก็บวันละ 4 isolate ตั้งแต่วันที่ 1 จนถึงวันที่ 5

ตารางที่ 18 ผลการจำแนก species ของ Pediococcus sp. ในไส้กรอกอีสานสูตรต่างๆ

(11)

สูตร	N_{KNO_3}	DK_1	DK_2	DK_2
จำนวน isolate	4	9	6	1
37° ซ	+	+	+	+
45° ซ	+	+	+	-
pH 4.4	+	+	+	-
pH 8.6	+	+	+	+
5% NaCl	-	-	-	+
10% NaCl	sl	sl	sl	+
Rogoya medium	+	+	+	+
NH_3 จาก arginin	+	+	+	+
species	P.cerevisiae	P.cerevisiae	P.cerevisiae	P.halophilus

A = Acid (กรด)
sl = slight (น้อย)
+ = มีการเจริญ,ให้ผลการทดสอบเป็นบวก
- = ไม่เจริญ,ให้ผลการทดสอบเป็นลบ

หมายเหตุ จำนวน isolate จะเก็บจากไส้กรอกอีสานแต่ละสูตรโดยเก็บวันละ 4 isolate ตั้งแต่วันที่ 1 จนถึงวันที่ 5

สรุปผลวิจารณ์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

1. สรุปผล วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก

1.1 ผลการย้อมสีกรัม พบว่าแบคทีเรียที่ตรวจพบในไส้กรอกอีสานที่หมักโดยธรรมชาติ หมักในธรรมชาติแต่เติม KNO_3 0.02% สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 ต่างก็พบเฉพาะแบคทีเรียที่ติดสีกรัมบวกเท่านั้น รูปร่างของแบคทีเรียที่พบก็มี 2 แบบ คือรูปกลม และรูปท่อน สำหรับแบคทีเรียที่มีรูปกลมนั้นพบว่าเมื่ออายุการหมักเริ่มต้น และ 1 วัน จะพบการจัดเรียงตัวใน 3 ลักษณะคือ อยู่เป็นคู่ ๆ เป็นสายสั้นๆ และอยู่เป็นพวงองุ่น แต่เมื่ออายุการหมักได้ 2 วัน แล้วจะพบการจัดเรียงตัวแบบเป็นคู่ ๆ เป็นส่วนใหญ่ และมีการจัดเรียงตัวแบบ 4 เซลล์ (tetrad) อยู่ร่วมด้วย ส่วนแบคทีเรียรูปท่อนนั้นพบว่า เมื่ออายุการหมักเริ่มต้น และ 1 วัน จะพบแบคทีเรียที่มีขนาดของท่อนสั้นยาวต่างกัน จากที่กล่าวมาจะพบว่าแบคทีเรียที่พบในแต่ละสูตร ไม่มีความแตกต่างกัน และระยะเวลาของการหมักจะมีผลต่อชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่พบ โดยเมื่ออายุการหมัก 2 วันแล้วต่างก็พบเชื้อแบคทีเรียลักษณะเดียวกันความหลากหลายน้อยลง ในทุก ๆ สูตร

เหตุผลที่พบแบคทีเรียในลักษณะที่กล่าวมาก็เพราะแบคทีเรียเหล่านั้น เป็นแบคทีเรียที่ติดมากับวัตถุดิบโดยเฉพาะเนื้อหมู และส่วนผสมอื่น ๆ บ้างและเมื่อมาอยู่ในสภาวะเดียวกัน ถึงแม้จะมีความแตกต่างกันในเรื่องของส่วนผสมบ้าง ก็ไม่มีผลต่อชนิดของแบคทีเรียที่พบในไส้กรอกอีสานแต่ละสูตร

1.2 ผลการนับแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียแลคติค เมื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติค เมื่ออายุการหมักต่างกันในไส้กรอกอีสานสูตรต่าง ๆ แล้วจะสรุปผลได้ดังนี้

สูตรการหมักโดยธรรมชาติกับการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 พบว่าทั้งแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียแลคติค ของสูตรการหมักโดยธรรมชาติมีจำนวนสูงกว่าสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และแบคทีเรียแลคติคจะมีจำนวนสูงกว่าแบคทีเรียทั้งหมดเมื่ออายุการหมักครบ 1 วัน ซึ่งสอดคล้องกับ pH ที่ลดลงและปริมาณกรดแลคติคที่เพิ่มขึ้น (ผลการทดลองที่ 1 รูปที่ 3)

สูตรการหมักโดยธรรมชาติและการหมักแบบธรรมชาติแต่เติม KNO_3 0.02% พบว่าแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียแลคติคของสูตรที่เติม KNO_3 0.02% จะมีจำนวนมากกว่าของสูตรที่ไม่เติม KNO_3 0.02% และแบคทีเรียแลคติคจะมีจำนวนสูงกว่าแบคทีเรียทั้งหมดเมื่ออายุการหมักครบ 1 วัน ซึ่งสอดคล้องกับ pH ที่ลดลงและปริมาณกรดแลคติคที่เพิ่มขึ้น (ผลการทดลองข้อ 2 รูปที่ 6) การที่สูตรเติม KNO_3 มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติคสูงกว่าไม่เติมแสดงว่าแบคทีเรียที่ติดมากับส่วนผสมมีบางชนิดที่สามารถใช้ NO_3^- ได้ และยังเป็นเช่นเดียวกันสารนี้ก็ยังยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียบางชนิด(3)

ทำให้พวกที่มีอยู่เจริญเพิ่มจำนวนได้ดีขึ้น และการเติมยังมีผลดีต่อลักษณะสีและเนื้อด้วย ผลจากการทดลองนี้จึงเลือกใช้สูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 0.02% ในการทดลองครั้งต่อไป

สูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 0.02% สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 พบว่าทั้ง 3 สูตรจะพบจำนวนแบคทีเรียแลคติคสูงกว่าแบคทีเรียทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียแลคติคของทั้งสามสูตร พบว่าสูตรการหมักโดยธรรมชาติที่เติม KNO_3 0.02% มีจำนวนมากกว่าสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 และสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 ก็มีจำนวนเชื้อมากกว่าสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 ซึ่งผลก็ไปสอดคล้องกับการทดลองของ pH และการเพิ่มขึ้นของกรดแลคติคของการทดลองที่ 3 รูปที่ 9 และทั้งสามสูตรจะพบแบคทีเรียแลคติคมีจำนวนมากกว่าแบคทีเรียทั้งหมดเมื่ออายุการหมัก 1 วัน แล้ว

การที่ทุก ๆ สูตรมีแบคทีเรียแลคติคสูงกว่าแบคทีเรียทั้งหมด เมื่ออายุการหมักได้ 1 วันแล้ว แสดงว่าเมื่อแบคทีเรียแลคติคได้สภาวะที่เหมาะต่อการเจริญของมันแล้ว จึงเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ขณะที่แบคทีเรียอื่น ๆ มีอัตราการเจริญที่ต่ำกว่าเพราะสภาวะการหมักไม่เหมาะสมต่อการเจริญของมัน และกรดแลคติคที่เกิดขึ้นจากแบคทีเรียแลคติคก็ไปยับยั้งการเจริญของเชื้ออื่น ๆ ด้วยนอกจากนี้ผลจากการย้อมสีแบบกรัมที่พบเฉพาะแบคทีเรียกรัมบวก รูปท่อนและรูปกลมที่เรียงติดเป็นคู่เป็น 4 เซลล์ เมื่ออายุการหมักได้ 2 วัน แสดงว่าแบคทีเรียที่เจริญบนอาหาร PCA นั้นจริง ๆ แล้วก็คือแบคทีเรียแลคติคนั้นเอง แต่อาหารนั้นไม่เหมาะสมต่อการเจริญของมันเท่าบนอาหาร MRS จึงทำให้มีจำนวนน้อยกว่า

การที่จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียแลคติคที่พบในสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 มีปริมาณน้อยกว่าสูตรอื่น ๆ เมื่อวิเคราะห์จากส่วนผสมของไส้กรอกอีสานแต่ละสูตรแล้ว จะพบว่าสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 มีแหล่งคาร์บอนที่เชื้อจะใช้ได้ทันทีมีถึง 6% จากน้ำตาลเด็กโตส นอกจากนี้ยังได้จากการย่อยสลายของน้ำตาลแลคโตสอีกประมาณ 4.2% และยังได้บางส่วนจากการย่อยสลายของข้าวสวยดังนั้นแหล่งคาร์บอนจะมีมากเกินไปในระยะตั้งต้น จึงอาจก่อให้เกิดสภาพแรงดันออสโมซีสได้ เชื้อจึงไม่เจริญเท่าที่ควร ทำให้มีจำนวนเชื้อต่ำกว่าสูตรอื่น ๆ เล็กน้อย แต่เมื่อปล่อยให้อายุการหมักนานขึ้นแหล่งคาร์บอนถูกใช้ไปจนปริมาณไม่แตกต่างจากสูตรอื่น ๆ ขณะเดียวกันสูตรสารเร่งการหมัก DK_2 ให้จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียแลคติคสูงกว่าสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 แต่น้อยกว่าสูตรหมักแบบธรรมชาติอาจเป็นเพราะว่าสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 มีสาร gluconodeltalactone ซึ่งจะให้กรดกลูโคนิคทำให้สภาพ pH ต่ำลงบ้างจึงอาจส่งเสริมการเจริญได้ดีกว่าสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 ทั้งมีปริมาณของแหล่งคาร์บอนนั้นใกล้เคียงกันมาก ส่วนกรณีที่มีจำนวนเชื้อน้อยกว่าสูตรการหมักแบบธรรมชาติ น่าเป็นเหตุผลเดียวกันกับสูตร DK_1

1.3 ผลการเปลี่ยนแปลงของ pH พบว่าในแต่ละสูตรนั้นจะมี pH เมื่อเริ่มต้นการหมักเท่ากันคือ ประมาณ 5.6 มีบางครั้งของการทดลองที่ pH เริ่มต้นประมาณ 5.0 แต่เมื่อหมักครบ 5 วัน ทุก ๆ สูตรจะมี pH ประมาณ 4.0 เท่า ๆ กัน แสดงว่าเมื่อแบคทีเรียแลคติคเจริญเพิ่มจำนวนมากขึ้นก็จะสร้างกรดแลคติคมากขึ้นตามอายุการหมักที่มากขึ้น ขณะเดียวกันก็ก่อให้เกิดรสชาติในไส้กรอกอีสานโดยเฉพาะรสเปรี้ยวที่เกิดขึ้น ความแตกต่างของค่า pH จะปรากฏอยู่ในช่วงอายุการหมักได้ 2 วัน 3 วัน และ 4 วัน แสดงว่าการที่ในแต่ละสูตรมีแบคทีเรียแลคติคต่างกันจึงส่งผลให้ pH ต่างกัน คือถ้ามีเชื้อมาก pH ก็ลดลงได้เร็วกว่าแต่เมื่อปล่อยให้อายุการหมัก 5 วัน จะทำให้แต่ละสูตรมีค่า pH ไม่แตกต่างกันจากผลการทดลองในส่วนนี้จะพบว่าอายุที่พร้อมรับประทานได้ของแต่ละสูตรนั้นต่างกัน แต่ความพร้อมในการรับประทานได้นั้นยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ด้วยผลการทดลองในส่วนนี้จึงยังไม่อาจสรุปได้ว่าสูตรไหนพร้อมเมื่อไหร่ จนกว่าจะได้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาร่วมพิจารณาด้วย

1.4 ผลการสร้างกรดแลคติคปริมาณกรดแลคติคจะเพิ่มขึ้นตามอายุการหมักอันเป็นผลจากการเจริญของแบคทีเรียแลคติคที่เพิ่มจำนวนขึ้นตามอายุการหมักโดยจะได้กรดแลคติคประมาณ 1% เมื่ออายุการหมักได้ประมาณ 2 วัน ในสูตรการหมักโดยธรรมชาติการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 0.02% และอายุ 3 วัน ในสูตรที่เติมสารเร่งการหมัก DK_1 และ DK_2 ซึ่งกรดแลคติคประมาณ 1% จะให้ความพร้อมในการนำมารับประทานได้ แต่การทดลองส่วนนี้ก็ยังไม่อาจสรุปได้ว่าสูตรไหนดีที่สุดจนกว่าจะได้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาร่วมพิจารณาด้วย และผลการสร้างกรดแลคติคของเชื้อที่เพิ่มขึ้นก็สอดคล้องกับสภาพ pH ที่ลดลงเมื่ออายุการหมักมากขึ้น

1.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรการหมักแบบธรรมชาติที่ไม่เติม KNO_3 กับสูตรที่เติม KNO_3 0.02% และสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 จากตารางที่ 2 และตารางที่ 4 พบว่าลักษณะที่ปรากฏของสูตรการหมักแบบธรรมชาติที่ไม่เติม KNO_3 เนื้อจะมีสีซีดกว่าสูตรที่มีการเติม KNO_3 และสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 ซึ่ง 2 สูตรหลังนี้มี KNO_3 อยู่จะได้ลักษณะเนื้อมีสีแดงส่วนการดมทั้ง 3 สูตรแยกไม่ออกว่าแตกต่างกัน สำหรับการชิมพบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น ความเค็มจะลดลงและรสเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้น โดยสูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 จะมีรสเปรี้ยวกว่าสูตรที่ไม่เติมเล็กน้อย ขณะเดียวกันสูตรที่มี KNO_3 เป็นส่วนประกอบจะมีเนื้อนุ่ม เหนียวและแน่นมากกว่าสูตรการหมักแบบธรรมชาติ

สำหรับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้กลุ่มผู้ทดสอบ 30 คน เมื่ออายุการหมักไส้กรอกอีสานได้ 3 วัน โดยที่ไส้กรอกอีสานสูตร A คือ สูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 B คือสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 C คือสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 และ D คือไส้กรอกอีสานที่มีชื่อเสียงซึ่งวางจำหน่ายในท้องตลาด จำแนกผลการทดสอบได้ดังนี้คือ

สี

พบว่าสีของอาหารสูตร A แตกต่างกับสูตรอื่น ๆ (B,C และ D) โดยดูจากคะแนนในตารางที่ 6 จะพบว่าสีของสูตร A ไม่เป็นที่ยอมรับ ขณะที่สูตรอื่น ๆ เป็นที่ยอมรับ

กลิ่น

กลิ่นของอาหารสูตร A แตกต่างกับสูตรอื่น ๆ ได้แก่ B C และ D โดยที่ดูจากคะแนนในตารางที่ 7 จะพบว่ากลิ่นของสูตร A ไม่เป็นที่ยอมรับขณะที่สูตรอื่น ๆ เป็นที่ยอมรับ

ลักษณะเนื้อ

ลักษณะเนื้อของอาหารสูตร A จะแตกต่างกับสูตร B และ C แต่ไม่แตกต่างจากสูตร D

รสชาติ

ไม่มีผลกระทบร่วมกันระหว่างสูตรอาหารแต่ละสูตรกับรสชาติอาหาร เนื่องจากรสชาติใกล้เคียงกันมาก นั้นคือสูตรอาหารทั้ง 4 มีรสชาติใกล้เคียงกันมาก จนทำให้ผู้ชิมไม่สามารถจำแนกความแตกต่างได้

การยอมรับ

อาหารสูตร A มีการยอมรับแตกต่างจากอาหารสูตร B C และ D ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าเป็นผลสืบเนื่องจากเรื่องของสีและกลิ่น ส่งผลให้สูตร A ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงให้เห็นว่าไส้กรอกอีสานสูตรการหมักแบบธรรมชาติ เมื่ออายุการหมักได้ 3 วันจะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคขณะที่สูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และ DK_2 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเช่นเดียวกับสูตร D ที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด ชี้ให้เห็นว่าไส้กรอกอีสานสูตรเติมสารเร่งการหมักไม่ว่าจะเป็น DK_1 หรือ DK_2 จะช่วยย่นระยะเวลาของการผลิตได้ และมีการยอมรับจากผู้บริโภค

สำหรับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่ออายุการหมักไส้กรอกอีสานได้ 4 วัน โดยที่ไส้กรอกอีสานสูตร A คือ สูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 สูตร B คือ สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และสูตร C คือสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 จากผลการทดสอบได้ดังนี้

สี

พบว่าทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกันในเรื่องของสี

กลิ่น

ในเรื่องของกลิ่นพบว่าทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกัน

ลักษณะเนื้อ

พบว่าทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของลักษณะเนื้อ

รสชาติ

พบว่าสูตรอาหารทั้ง 3 สูตรมีรสชาติใกล้เคียงกันมาก จนทำให้ผู้ชิมไม่สามารถบอกความแตกต่างได้

การยอมรับ

พบว่าอาหารสูตร B แตกต่างกับอาหารสูตร C ขณะเดียวกับสูตร A ก็แตกต่างกับสูตร C จึงกล่าวได้ว่าอาหารสูตร A ไม่แตกต่างกับอาหารสูตร B

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงให้เห็นว่าไส้กรอกอีสานสูตรการหมักแบบธรรมชาติ ต้องใช้เวลาหมักถึง 4 วัน จึงจะมีลักษณะการทดสอบทางประสาทสัมผัสเหมือนกับสูตรที่เติมสารเร่งการหมัก DK_1 โดยแตกต่างกันเฉพาะในเรื่องของสีเท่านั้น ขณะเดียวกันเมื่ออายุการหมักเป็น 4 วัน ก็ยังคงการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_2 มีความแตกต่างในเรื่องการยอมรับต่างไปจากอีก 2 สูตร ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 จะคงลักษณะต่าง ๆ ไว้ได้นานกว่าสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_2

2. ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของไส้กรอกอีสานที่หมักโดยธรรมชาติ เติม KNO_3 สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 ทั้ง 3 สูตร จะมีค่าความชื้นและเถ้าไม่แตกต่างกัน คือมีค่าความชื้นประมาณ 47% และเถ้าประมาณ 3.80 ส่วนค่าโปรตีนของสูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 และสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 มีค่าใกล้เคียงกันมากประมาณ 13% ขณะที่สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 มีค่าโปรตีนต่ำกว่าสูตรทั้งสองเล็กน้อย คือมี 10.62% สำหรับไขมันและคาร์โบไฮเดรตจะมีปริมาณใกล้เคียงกันทั้ง 2 สูตร คือ สูตรการหมักแบบธรรมชาติ

ที่เติม KNO_3 กับสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 จะมีไขมันประมาณ 36% และคาร์โบไฮเดรต 0.4% ขณะที่สูตรเติมสารเร่งการหมักDK_1 มีไขมัน 37% และคาร์โบไฮเดรต 1.33% ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งชี้ให้เห็นว่าน้ำตาลที่มีอยู่มากในสูตรเติมสารเร่งการหมักDK_1 และ DK_2 จะถูกใช้เกือบหมดโดยเชื้อทำให้ค่าใกล้เคียงกับสูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 ส่วนสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 ที่มีโปรตีนต่ำกว่าสูตรอื่น ๆ เล็กน้อย และมีไขมันสูงกว่าสูตรอื่น ๆ เล็กน้อยมีความเป็นไปได้ที่เกิดจากเนื้อหมูที่นำมาใช้ มากกว่าที่จะเกิดจากบทบาทของแบคทีเรียที่มีอยู่

3. ผลการจัดจำแนกชนิดของแบคทีเรียแลคติค ที่พบในไส้กรอกอีสานสูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 สูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 พบว่าทั้ง 3 สูตรจะพบชนิดของเชื้อคือ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแลคติคที่พบมากในอาหารหมักพวกเนื้อนอกจากนี้ในสูตร DK_2 จะพบเชื้อที่ต่างจากอีก 2 สูตร คือ พบเชื้อ *L.brevis* และ *P. halophilus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแลคติคที่มีโอกาสพบในอาหารหมักพวกเนื้อเช่นกัน เมื่อดูในแง่ปริมาณของเชื้อ (ดูจากจำนวน isolate) พบว่าสูตรการหมักแบบธรรมชาติที่เติม KNO_3 เชื้อที่พบส่วนใหญ่จะเป็น *L. plantarum* (16 isolate) มีส่วนน้อยที่เป็น *P. cerevisiae* (4 isolate) ส่วนสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 จะพบปริมาณของเชื้อ *L. plantarum* (11 isolate) และ *P. cerevisiae* (9 isolate) คือมีปริมาณเท่า ๆ กัน และสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_2 จะพบเชื้อ *L. plantarum* เป็น 2 เท่าของ *P. cerevisiae* และยังมีเชื้อ *L. brevis* และ *P.halophilus* อย่างละ 1 isolate

จากผลการทดลองพบว่า ประเภทของเชื้อเป็นประเภทเดียวกัน แต่มีปริมาณของแต่ละเชื้อแตกต่างกันจะมีผลต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ได้เพราะให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่างกัน คือ เมื่ออายุการหมักได้ 3 วันสูตรการหมักแบบธรรมชาติจะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งสืบเนื่องมาจากเรื่องของสี และกลิ่น โดยอาจกล่าวได้ว่า เป็นบทบาทของเชื้อ *L. plantarum* ที่มีปริมาณมากกว่า *P. cerevisicae* ถึง 4 เท่า ส่วนสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_1 และ DK_2 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จะมีปริมาณของเชื้อทั้งสองไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่ออายุการหมักได้ 4 วัน การยอมรับสูตรการเติมสารเร่งการหมัก DK_2 จะต่างไปจากอีก 2 สูตร อาจเป็นเพราะว่าในสูตรเติมสารเร่งการหมัก DK_2 นอกจากจะพบเชื้อทั้ง 2 ชนิดแล้ว ยังพบ *L.brevis* และ *P. halophilus* ซึ่งถึงแม้จะมีปริมาณน้อยก็อาจส่งผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ อันสืบเนื่องจากเมแทบอลิซึมของมัน

DK_1 ดีที่สุดในแง่ของความสามารถในการคงลักษณะเดิม เมื่อระยะการหมักเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตร DK_2 และให้ผลเป็นที่ยอมรับเมื่อใช้ระยะการหมักน้อยกว่าวิธีธรรมชาติที่เติม KNO_3 0.02%

2.ข้อเสนอแนะในการทำไส้กรอกอีสาน

1. เนื้อหมู ควรใช้เนื้อหมูติดมัน ซึ่งมีส่วนของมันประมาณ 1/3 และเป็นเนื้อหมูบดละเอียด
2. ข้าวสวย ใช้ข้าวที่ไม่แข็งและแฉะเกินไป
3. กระเทียม ควรสับหรือทุบให้ละเอียด
4. ไส้หมู ควรใช้ไส้ขมเนื่องจากเป็นไส้ตรง
5. KNO_3 (ดินประสิว)ต้องใส่ในปริมาณจำกัด ถ้ามี KNO_3 มากเกินไปจะทำปฏิกิริยากับโปรตีน เกิดเป็น Nitrosamine ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen)
6. การล้างไส้ควรคลุกด้วยเกลือเพื่อให้ไส้เหนียวขึ้น และคลุกกับใบฝรั่งเพื่อระงับกลิ่นคาว จากนั้นต้องล้างให้สะอาดเพราะเกลือที่ตกค้างอยู่จะมีผลต่อรสชาติ
7. การกรอกไส้ควรกรอกให้แน่นอย่าให้มีฟองอากาศ จะทำให้การหมักไม่สมบรูณ์ เนื้อหมูอาจเน่าได้ และไม่ควรแน่นเกินไปจนทำให้ไส้แตกซึ่งก็ส่งผลให้เน่าได้เช่นกัน
8. การใช้เชือกผูกเป็นข้อๆ ไม่ควรจะผูกข้อใหญ่เกินไป เพราะจะทำให้อยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนได้ยาก เชือกที่ใช้ไม่ควรใช้เชือกฟางเพราะลื่น ทำให้ไม่สะดวกต่อการผูก และเชือกที่คมเพราะบาดไส้ให้ขาดได้
9. ก่อนทอดควรลวกด้วยน้ำอุ่น หรือ ใช้ส้อมจิ้มให้เป็นรู และใช้ไฟกลางในการทอด เพื่อไม่ให้ไส้แตกขณะทอด นอกจากนี้ยังสามารถปิ้งขนาดรับประทานได้แล้วแต่ชอบ
10. ควรรับประทานกับ กะหล่ำปลีสด ขิง พริกสด จะทำให้รสชาติดีขึ้น

3. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการทดลองและผลการทดลอง

1. ในสูตรสารเร่งการหมักควรลดปริมาณน้ำตาลลง (แหล่งคาร์บอน) เพื่อตัดปัญหาแรงดันออสโมซีส
2. ทดลองทำไส้กรอกอีสานเติมเชื้อแบคทีเรียแลคติคที่มีอัตราส่วนของเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ต่อ *Pediococcus cerevisiae* ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน เช่น 4:1, 3:1, 2:1 และ 1:1 เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. สุชาดา ชัดเราะมาน. 2527 ผลของชนิดของไขมันที่มีต่อคุณภาพไส้กรอก. บัญหาพิเศษ,ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หน้า 2-6

2. ทวีศักดิ์ แซ่ลิ่ม. 2530 .คุณภาพและอายุการเก็บของไส้กรอกพริ้งเพอร์เตอร์ในตลาดหาดใหญ่, บัญหาพิเศษ , ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หน้า 2, 7-9

3. พิษณุ วิเชียรสวรรค์.2535. หน้าที่ของส่วนผสมต่างๆในการทำไส้กรอก, วิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สาขาวิทยาศาสตร์) , ปีที่ 24 ฉบับที่ 6 , หน้า 65, 69-71

4. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ . 2532. ปฏิกิริยาเกิดสีในผลิตภัณฑ์ประเภทไส้กรอก, วารสารวิทยาศาสตร์, ปีที่ 43 ฉบับที่ 1 , หน้า 26-32

5. ภาควิชาจุลชีววิทยา. 2535 . คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหารสำหรับนักศึกษาวิทยาศาสตร์ ,คณะวิทยาศาสตร์ , มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หน้า 11.1-11.3 , ก.4,ก.5

6. นภา โล่ห์ทอง . 2535. กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต, บทที่ 10 หน้า 135-136

7. Brock, Thomas D. 1979. Biology of microorganisms. chapter 19, 703-704 p.

8. Buchanan , R. 1974. Bergey's mannal of Determinative Bacteriology,Part 16, 578p.

9. Collins, C.H. 1967. Microbiological Method . Chapter 26,254-267 p.

10. Department of Microbiology. A guide to the indentification of the bacteria, Prince of Songkla University, 43,48p.

11. Gibbs, J.M. and Skinner, F.A. 1966 . Identification Method for Microbiologists, Part A .70-71p.

12. P. Yeshajahu and Meloon, C.E. 1987 . Food Analysis: Theory and Practice.

13. Roger Y. Stanier, John L. Ingraham , Mark L. Wheelis and Page R. Painter . 1986. The Microbial World. chapter 4, 94p.

14. Sharpe, M.E. 1962 .Taxonomy of the Lactobacilli.Vol. 24 No.3, 110-112p.

15. Thomas D. Brock. 1979. Biology of microorganisms. 704 p.

16. Yamaguchi and Kenji . 1985 . Mannal for food Composition Analysis .

ภาคผนวก ก.
การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของไส้กรอกอีสาน

วัสดุอุปกรณ์

1. Analitical balance
2. ขวดฝาเกลียว (ใช้เก็บตัวอย่าง)
3. Moisture can
4. Dessicater
5. Hot air oven
6. crucible
7. triangle
8. ตะเกียงบุนเซน
9. เตาเผา (Mnffle furnace)
10. filter paper
11. Kjeldahi flask
12. flask กันกลม
13. เครื่องควบแน่น
14. Reagents
    - Catalyst mixture (1.3g.$CuSO_4$ +499 g.K_2SO_4)
    - 45% NaOH
    - 0.1 M NaOH (standardized หาความเข้มข้นที่แท้จริง)
    - 0.2 M HCl (standardized หาความเข้มข้นที่แท้จริง)
    - 1.4 % Nitrogen
    - Conc. H_2SO_4
    - อีเธอร์
16. soxhlet extract
17. soxhlet Thimble
18. Spectophotometer

การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) (13,14)

การวิเคราะห์หาค่าต่างๆ เช่น ความชื้น ไขมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เถ้า เกลือแร่ และอื่นๆของอาหาร จะได้ค่าที่ถูกต้องมากน้อยแค่ไหนมักขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมากก็คือ วิธีสุ่มตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง และปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ มักแตกต่างกันตามชนิดของอาหารซึ่งมีหลักอยู่ว่า ตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ต้องมีปริมาณเพียงพอและผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันดี(Homogeneous sample)

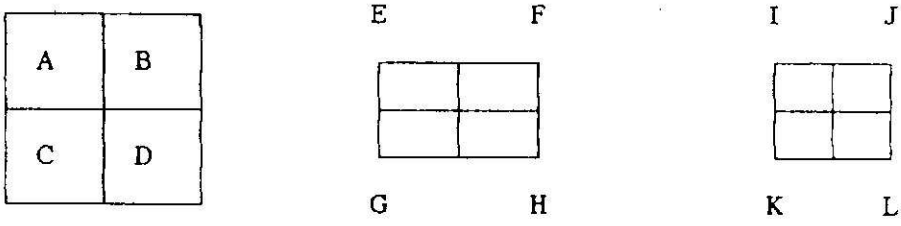
การเตรียมตัวอย่าง (Preparation of Sample)

ความถูกต้องแน่นอนขึ้นอยู่กับความละเอียดรอบคอบเป็นสิ่งสำคัญ เช่น การชั่งตัวอย่าง นอกจากนี้ยังขึ้นกับเครื่องมือ และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ ความผิดพลาดในการวิเคราะห์อาจเกิดจากปริมาณตัวอย่างที่ใช้ การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบระหว่างการขอตัวอย่าง สารปลอมปน และการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบที่เปลี่ยนแปลงง่ายขณะมีการเตรียมตัวอย่าง

ก่อนที่จะมีการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ถูกเลือก แล้วจะถูกเตรียมอย่างระมัดระวังตัวอย่างอาหารแต่ละชนิดจะถูกเตรียมเฉพาะอย่าง เช่น

อาหารแห้ง (Dry foods) จะต้องมีการบดด้วยเครื่องบด (hand or mechanical grinder & mixed in motor) ในบางตัวอย่างก็ผ่านตะแกรงร่อนด้วย หลังจากนั้นแล้วก็ทำการ

ตัวอย่างโดยทำ Quartering



Preparation of samples by quartering

อาหารแข็ง (hard foods) เช่น ช็อคโกเลต จะต้องมีการขูด

อาหารที่มีความชื้น (Moist foods) ตัวอย่าง เช่น ปลา เนื้อสัตว์ และผักต่างๆ จะต้องผ่านเข้าเครื่องบดลักษณะคล้ายเครื่องบดเนื้อ (Mechanical mincer) อย่างน้อย 2 ครั้งก่อนที่จะเก็บใส่ลงในขวดปากกว้างที่มีฝาเกลียวปิด และเก็บไว้ในตู้เย็น

อาหารเปียก (wet foods) มีที่บรรจุผักและผลไม้ เช่น pikles, sauces และอาหารกระป๋อง จะต้องนำมาใส่ในเครื่องบด Blender ด้วยความเร็วสูง

อาหารไขมันหรือน้ำมัน (Oils) ที่ไม่ใสควรที่จะทำให้อุ่นที่อุณหภูมิต่ำ (sterine บางครั้งจะแยกชั้นในขณะที่เย็น) ตัวอย่างน้ำมันที่อุ่นจะต้องผ่านการกรอง ข้อควรระวังคือ ในตัวอย่างน้ำมันที่มีสารกันหืน (antioxidant) อยู่อาจจะสูญเสียไปถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกินไป

Fatty emulsion ตัวอย่างเช่นเนยและเนยเทียมควรจะอุ่นที่อุณหภูมิ 35°ซ ในขวดฝาเกลียวและมีการเขย่า

โดยทั่วไปแล้วการเตรียมตัวอย่างในทุกๆแบบจะต้องเก็บตัวอย่างไว้ในขวดฝาเกลียว และเก็บตัวอย่างไว้ในตู้เย็นเพื่อป้องกันการสูญเสียทางเคมี และจุลชีววิทยา และควรที่จะให้ความสนใจในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงของความชื้นด้วย

1. การหาความชื้น (Determination of Moisture)

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นมีหลักอยู่ว่า ทำให้องค์ประกอบที่เป็นของเหลวระเหยออกไปแล้วชั่งน้ำหนักส่วนที่เหลือ ก็จะทราบน้ำหนักของส่วนที่หายไป ได้น้ำหนักส่วนที่หายไปนั้นก็คือ ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์วิธีการหาความชื้นมีด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีที่จะทำในบทปฏิบัติการนี้ใช้วิธีอบด้วยความร้อน (DIRECT HEATING METHOD)

วิธีหาความชื้นโดยวิธีอบด้วยความร้อน

1.1 นำ Moisture can ไปอบสักครู่ที่อุณหภูมิประมาณ 100°ซ นานครึ่งชั่วโมงถึง 1 ชั่วโมงหลังจากนั้นนำออกมาใส่ Dessicater ปล่อยให้เย็นและนำ Moisture can ไปชั่งอย่างละเอียดด้วยตาชั่ง 4 ตำแหน่ง

1.2 ชั่งตัวอย่างที่เตรียมเรียบร้อยแล้วไปชั่งพร้อม Moisture can อย่างละเอียด ตัวอย่างอาหารจะใช้ประมาณ 5-10 กรัม

1.3 นำตัวอย่างที่ชั่งเรียบร้อยแล้วไปอบในตู้อุณหภูมิ 100-103°ซ ไม่เกิน 125 ° ซ นานประมาณ 3 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่แห้งแล้วใส่ใน Dessicater ทิ้งไว้ให้เย็น นำไปชั่งแล้วนำไปอบต่ออีกประมาณครึ่งชั่วโมงและนำมาชั่งถ้าได้น้ำหนักคงที่ก็ถือว่าน้ำหนักที่หายไปคือความชื้นของอาหารนั้น ถ้าน้ำหนักครั้งที่ 2 ยังไม่คงที่ก็ต้องนำไปอบใหม่

การคำนวณ

$$\% \text{ Moisture} = \frac{\text{Sample weight(gm)} - \text{Dry weight (gm)}}{\text{Sample weiht (gm)}} \times 100$$

% Total Solid = 100-% Moisture

2. การหาปริมาณเถ้า (Determination of ash)

การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าเป็นการหาองค์ประกอบส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic substances) ในตัวอย่าง สำหรับหลักการอย่างง่ายก็คือการเผาตัวอย่างอาหารด้วยอุณหภูมิสูงมาก เพื่อให้องค์ประกอบพวกอินทรีย์สารหมดไป เหลือแต่สารพวกอนินทรีย์ซึ่งสารอนินทรีย์ก็คือเกลือแร่ต่างๆที่มีอยู่ในตัวอย่าง เกลือแร่จะมีอยู่ 2 ชนิด คือ

Macroelement จะมีปริมาณมาก เช่น พวกแคลเซี่ยมฟอสฟอรัส โปตัสเซียม

Microelements จะมีปริมาณน้อย เช่น อะลูมิเนียม สังกะสี ทองแดง เป็นต้น ปริมาณของเถ้าในอาหารสามารถบอกถึงคุณภาพของอาหารได้ด้วย เช่น น้ำตาล ถ้าหากมีเถ้าในปริมาณสูงแสดงว่ามีคุณภาพต่ำ

วิธีการหาเถ้า

2.1 นำ crucible ไปเผาไฟโดยวาง crucible บน traingle และใช้ไฟจากตะเกียงบุนเซน ปล่อยให้เย็นใน dessicater จากนั้นนำไปชั่งอย่างละเอียด

2.2 ชั่งตัวอย่างที่เตรียมแล้วประมาณ 5 กรัม (อาจมากกว่าหรือน้อยกว่าเล็กน้อยก็ได้แต่จำเป็นต้องทราบน้ำหนักที่แน่นอน)

2.3 นำตัวอย่างที่ชั่งใส่ crucible ไปเผาไฟจากตะเกียงก่อนเพื่อไล่ควันอันเกิดจากการเผาให้ไขมันออกจนหมดก่อน แล้วจึงนำเข้าเผาในเตาเผา (Muffle furnace)

2.4 หลังจากเผาตัวอย่างไล่ควันออกหมดแล้ว จึงนำตัวอย่างเข้าเตาเผาโดยทั่วไปแนะนำให้ใช้อุณหภูมิของเตาเผา 500-550°ซ (ที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ K-CL & Na-CL จะระเหยออกไปอย่างช้าๆ $CaCo_3$ จะถูกเปลี่ยนให้เป็น oxide และพวกฟอสเฟตจะหลอมตัวจับกันเป็นก้อน)

2.5 ระยะในการเผาเถ้ามักไม่ระบุไว้แน่นอนโดยเผาจนได้เถ้าสีเทาอ่อนหรือขาวสม่ำเสมอ

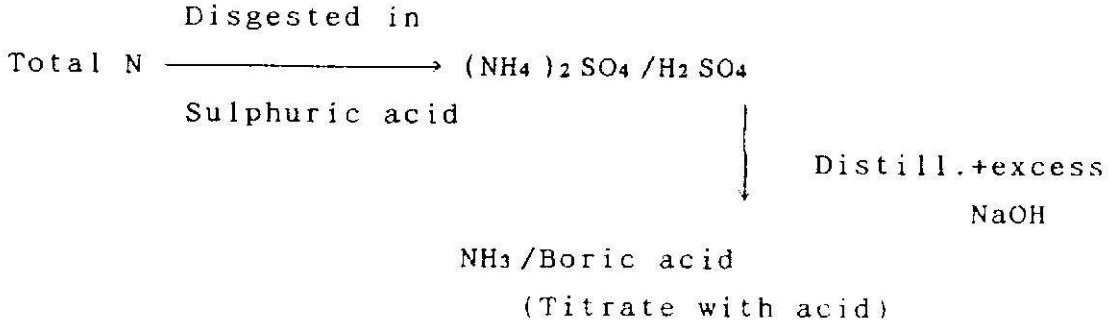
2.6 เมื่อได้เถ้าสีตามต้องการแล้วก็นำ crucible & Ash มาใส่ใน dessicater ปล่อยไว้ให้เย็น (ควรที่จะปิดฝา crucible ด้วยเพื่อป้องกันการกระจายของเถ้า) ทิ้งไว้ให้เย็นชั่งจนได้น้ำหนักที่คงที่

$$\%Ash = \frac{\text{ASh weight}}{\text{Sample weight}} \times 100$$

ข้อแนะนำ ในตัวอย่างที่มีฟอสฟอรัส เถ้าที่ได้อาจจับกันเป็นก้อนเพราะเกิดเมตาฟอสเฟต ซึ่งมีสีคล้ายแก้ว เมื่อเกิดเถ้าเช่นนี้ต้องปล่อยให้เถ้าเย็นลงหรือพออุ่นๆแล้วจึงละลายเถ้าด้วยน้ำกลั่น และกรองด้วยกระดาษกรองที่ตะกอนผ่านไม่ได้ (Ash filter paper) เก็บสิ่งกรอง (filtrate) ไว้ นำส่วนที่อยู่บนกระดาษกรองไปเผาใหม่จนได้เถ้าสีเทาหรือสีขาวสม่ำเสมอ ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมสิ่งกรองลงไป ระเหยให้แห้ง แล้วเอาเข้าเผาในเตาเผา จนได้เถ้าสีตามต้องการ

3. การหาปริมาณโปรตีน (determination of Protein)

การหาปริมาณโปรตีนในอาหารส่วนใหญ่มักจะหาโดยวิธี Kjeldahl Method หลักของวิธีการนี้คือ การย่อยสลายตัวอย่างอาหารด้วยกรดกำมะถันเข้มข้นที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้โปรตีนหรือไนโตรเจนในตัวอย่างเปลี่ยนแปลงมาอยู่ในรูปเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต แล้วใช้สารละลายด่างเป็นตัวไปทำปฏิกิริยากับเกลือดังกล่าวจะทำให้เกิดแก๊สแอมโมเนียจับแก๊สที่เกิดขึ้นโดยใช้กรดบอริคนำไปไตเตรทกับกรดโดยมีอินดิเคเตอร์เป็นตัวชี้บอก แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณโปรตีน ปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีนี้จะเป็น "Crude Protien"



วิธีการหาปริมาณโปรตีน แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ

การย่อย (Digestion)

การกลั่น (Distillation)

การไตเตรท (Titration)

ขั้นตอนการหาโปรตีนมีดังนี้คือ

1. ชั่งตัวอย่างที่เตรียมไว้ 0.5-2.0 กรัม อย่างละเอียด (4 ตำแหน่ง) แล้วใส่ใน Kjeldahl flask (ในการชั่งตัวอย่างให้ใช้กระดาษกรองและห่อตัวอย่างด้วยกระดาษเท่านั้น) และควรที่จะทำ Blank ควบคู่ไปด้วยโดยไม่

กระดาษกรองชนิดเดียวกัน แต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่างอาหารลงไปใน Kjeldahl flaskอันใหม่

2. เติมกรดกำมะถันเข้มข้นลงไป 20-25 มล. ใส่ Catalyst ซึ่ง K_2SO_4 10 กรัม และ $CuSO_4$ 0.5 กรัม (ช่วยเพิ่มจุดเดือดให้สูงขึ้น) ให้ความร้อนในการย่อยสลาย (จะต้องทำใน Hood เพราะควันของกรดกำมะถันเป็นอันตรายต่อระบบหายใจ) ใช้เวลาในการย่อยสลาย 1 ชั่วโมง จะให้สารละลายใสสีฟ้าปล่อยให้เย็น

3. ถ่ายสารละลายใสลงในฟลาสสำหรับกลั่น (ฟลาสก้นกลม) ขนาด 500 มล. และเติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 100 มล. (น้ำกลั่นที่เติมลงไปควรนำไปล้างใน Kjeldahl flask ด้วยเพื่อไม่ให้ตัวอย่างหลงเหลืออยู่ใน Kjeldahl) เติม 0.1 NNaOH ลงไป 100 และใส่ลูกแก้วเพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรงต่อฟลาสก้นกลมเข้าด้วยกัน

เครื่องควบแน่น ปลายของเครื่องควบแน่นจะมีฟลาสบรรจุกรดบอริค 4% อยู่ 50-100 มล. พร้อมกับหยดอินดิเคเตอร์ 4 หยด (อินดิเคเตอร์ที่ใช้เรียกว่า screened methyl red indicator เตรียมโดยละลาย 0.01 กรัมของ Methyl red และ 0.083 กรัมของ Bromcresol green ใน100 มล. ของแอลกอฮอล์) เมื่อให้ความร้อน แอมโมเนียจะถูกไล่ออกมาและจะถูกจับไว้โดยกรดบอริค ใช้เวลาในการกลั่น 45 นาที ถึง 60 นาที สังเกตการเกิดฟองแก๊สที่ผุดขึ้นในกรดบอริค ถ้าแก๊สที่เกิดขึ้นหมดไปแล้ว สันนิษฐานได้ว่า การเกิดก๊าซแอมโมเนียสิ้นสุดไปแล้ว

4. นำสารละลายจากข้อ 3 ไปไตเตรทด้วย 0.1 นอร์มัล กรดกำมะถัน เมื่อถึงจุด end point สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู จดปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการไตเตรท (ในการทำ "Blank" ให้ทำตั้งแต่ข้อ 1 จนถึงข้อ 4 และการไตเตรทไม่ควรใช้กรดกำมะถันเกินกว่า 0.5 มล.)

Reaction in Kjeldahl Method

Digestion Organic Substance by H_2SO_4

$$\text{Organic substance (Protein)} + H_2SO_4 \xrightarrow[\text{catalyst}]{K_2SO_4,\ CuSO_4} NH_4$$

Distillation and adding NaOH

$$NH_4^+ + OH^- \longrightarrow NH_3(gas) + H_2O$$

Reaction between ammonia and boric acid

$$H_3BO_3 + NH_4OH \longrightarrow NH_4H_2BO_3 + H_2O$$

เกลือ Borate นี้จะเป็น strong base เราสามารถที่จะไตเตรตกับ standard H_2SO_4 0.1 Normal

gmE H_2SO_4 in Titration = gmE NH_3

การคำนวน (calcution)

1. 1 มล. ของ 0.1 นอร์มัล กรดกำมะถัน
   = 0.0014 กรัมไนโตรเจน

ให้ A = คือความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน(นอร์มัล)

เพราะฉะนั้น 1 มล. ของ A นอร์มัล กรดกำมะถัน = $0.0014 \times A$ กรัม

$$\frac{}{0.1}$$

2. X = คือปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่าง
   Y = คือปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการไตเตรทกับ Blank

เพราะฉะนั้นปริมาณกรดที่ใช้คือ = X-Y

1 มล. ของ A Normal H_2SO_4 = $\frac{0.0014 \times A \text{ กรัม}}{0.1}$

(X - Y) " " = $\frac{0.0014 \times A}{0.1} \times \frac{(X - Y)}{1}$ gm.

3. B = weight of sample

$$\% \text{ Total Nitrogen} = \frac{0.0014 \times A}{0.1} \times \frac{(X - Y)}{1} \times \frac{100}{B}$$

% Crude Protein = %Total Nitrogen x 6.25

KJELDAHL FACTORS OF VARIOUS FOODS

Meat (also the general factor)	N x 6.25
Milk and dairy products	N x 6.38
Flour	N x 5.7
Gelatine	N x 5.55
Egg	N x 6.68

4. การหาปริมาณไขมัน (Determination of Fat)

การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในอาหาร ส่วนใหญ่มักใช้วิธี Soxhlet Exteaction และไขมันที่ได้เรียกว่า Crude fat ซึ่งประกอบด้วยส่วน Saponifiable และ Unsponifiable fat

วิธีการหา

4.1 นำตัวอย่างอาหารมา ชั่งใส่ในกระดาษกรองประมาณ 2 กรัม (จำเป็นต้องทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ตัวอย่างที่นำมาหาไขมันจะต้องเป็นตัวอย่างที่แห้ง (ใช้ตัวอย่างจากการหา % ความชื้น หรือนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิประมาณ70° - 100° ซ.) ห่อตัวอย่างในกระดาษกรองและทำการสกัดไขมันออกด้วย อีเธอร์ หรือ ปิโตรเลียมอีเธอร์ เป็นเวลาประมาณ 8-16ชม. ในที่สุดเมื่อสกัดเสร็จแล้วจะได้ไขมันรวมอยู่กับตัวทำละลาย(อยู่ในฟลาสก้นกลม) นำเอาตัวอย่างฟลาสก้นกลมไปอบในเตาอบ 100°ซ. ทำให้เย็นใน dessicater และชั่งน้ำหนักของไขมันที่สกัดได้
(หมายเหตุ ฟลาสก้นกลมควรที่จะนำไปอบที่อุณหภูมิ 100°ซ. ประมาณ 30 นาที แล้วทำให้เย็นใน dessicater และชั่งน้ำหนัก หรืออาจจะเทไขมันที่สกัดได้พร้อมสารละลายลงใน Beaker ที่สะอาดและแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำบีกเกอร์ไปอบ หรือใส่ใน water bath 100°ซ.)

$$\% \text{ Fat} = \frac{\text{weight of oil(gm)} \times 100}{\text{weight of sample}}$$

สำหรับวิธีการนี้อาจหาน.น.ของไขมันได้โดย การนำตัวอย่างที่อยู่ใน Soxhlet Thimble ไปอบให้แห้งและชั่งน้ำหนักเพราะฉะนั้น น้ำหนักของไขมันจะเท่ากับ น้ำหนักก่อนลบออกด้วยน้ำหนักหลังสกัด(ในที่นี้ควรที่จะชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดของ Thimble และกระดาษกรองก่อน)

วิธีการใช้เครื่องมือ Soxhlet extract

1. การใช้เครื่องมือนี้จะใช้กับตัวอย่างที่เป็นของแข็ง และต้องเอาความชื้นออกแล้ว

2. ตัวอย่างที่จะหาไขมันจะถูกวางไว้ใน Thimble และตัวทำละลายจะอยู่ในขวดกลม เมื่อตัวทำละลายถูกความร้อนจะกลายเป็นไอและไปตามท่อไอของตัวทำละลายจะถูกควบแน่นและหยดลงในตัวอย่าง และสกัดเอาไขมันออก ระดับของตัวทำละลายจะขึ้นมาจนถึงระดับหนึ่ง และจะถูกไปไซฟอนกับลงไปยังขวดกลมที่รองรับอยู่

5. การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Determination of Carbohydrate)

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตอาจหาได้หลายวิธีการ เช่น

1. วิธีการคำนวนซึ่งเป็นวิธีที่นิยมเพราะสะดวก ไม่เสียเวลา ซึ่งในการทดลองจะใช้วิธีนี้

% Carbohydrate = 100 - (% Moisture + %Protein + % Fat + % Ash)

2. The Lane - Eynon Method
3. Somogyi - Nelson Method
4. Phenol - sulfate Method (Total sugar)

ภาคผนวก ข.

สารเคมีและอาหารที่ใช้ในการศึกษาทางจุลชีววิทยา

1. ชุดสีย้อมกรัม ประกอบด้วย
   1.1 crystal violet
   1.2 Gram Iodine
   1.3 Decolorize
   1.4 safarnin
2. PCA (Plate count Agar หรือ Tryptone glucose yeast extract agar)

Tryptone	5	g.
Yeast extract	2.5	g.
Glucose	1	g.
Agar	15	g.
Disstilled water	1000	ml.

pH = 7 ก่อนทำให้ปราศจากเชื้อ

3. MRS medium

Brom cresol purple	0.0028	g.
Sodium Azide	0.014	g.
Peptone	10	g.
Beef extract	10	g.
Yeast extract	5	g.
Glucose	20	g.
Tween 80	1	g.
K_2HPO_4	2	g.
Na acetate . $3H_2O$	5	g.
Diammonium Citrate	2	g.
$MgSO_4$. $7H_2O$	0.2	g.
$MnSO_4$. $4H_2O$	0.05	g.
Distilled water	1000	ml.
Agar	15	g.

pH = 6.2 ก่อนทำให้ปราศจากเชื้อ

ทราบว่าเป็นแบคทีเรียแลคติคโดยดูสีเหลืองที่เกิดขึ้นรอบๆโคโลนีอันเนื่องจากสภาพที่เป็นกรด

4. สารเคมี

4.1 สารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH เตรียมจาก NaOH 4 กรัม ที่เติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดแก้วที่กันคาร์บอนไดออกไซด์ได้ และเป็นแก้วทนด่าง ก่อนใช้นำมาหาความเข้มข้นมาตรฐานก่อน

การหาความเข้มข้นมาตรฐานของ 0.1 N NaOH ทำโดยชั่ง acid potassium phthalate (อบ 2 ชั่วโมงที่ 120°ซ แล้วทำให้เย็นในโถอบแห้ง) อย่างละเอียดประมาณ 0.3 กรัม เติมลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร จึงเติมน้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ 90-100มล. เมื่อ acid potassium phthalate (มีสูตรเป็น $KHC_8H_4O_4$) ละลาย จึงเติมสารละลายฟีนอฟธาลีน 3 หยด แล้วไตเตรทด้วยสารละลาย 0.1 N NaOH ความเข้มข้นมาตรฐาน คำนวนได้จากสูตร

$$\text{ความเข้นข้นมาตรฐาน(N)} = \frac{\text{กรัม } KHC_8H_4O_4 \times 1,000}{\text{มล. NaOH} \times 204.229}$$

4.2 สารละลายฟีนอฟธาลีน (phenolphthalein) ชั่ง 1 กรัม ฟีนอฟธาลีนละลายในแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ 100 มล.

ภาคผนวก ค

โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS/PC+

```
C:\SPSS\OUTPUT>cd\

C:\>cd spss

C:\SPSS>dir *.log

 Volume in drive C has no label
 Volume Serial Number is 1729-14CF
 Directory of C:\SPSS

SPSS     LOG        660 11-09-92   4:17p
TEACH    LOG          0 08-21-92   9:11a
MTEACH   LOG         68 08-21-92  10:11a
EX1      LOG       1051 08-21-92   8:46a
EX2      LOG        226 08-20-92   2:43p
NEW      LOG        438 08-21-92   9:39a
SOM1     LOG        478 11-09-92   1:32p
SOMCHAI  LOG        468 11-09-92   1:31p
SOM4     LOG        532 11-09-92   2:57p
SOM4TEST LOG        491 11-09-92   4:16p
       10 file(s)       4412 bytes
                    83318784 bytes free

C:\SPSS>t
set listing ='c:\spss\output\faccept.out'.
data list file='c:\spss\data4'/ tret 1  score 3-4.
value labels  tret 1 'Food A'  2 'Food B'  3 'Food C'.
missing value  score(99).
frequencies variables= tret
          /barchart.
descriptives variables=score tret
          /statistics=all.
oneway variables=score by tret(1,3)
          /statistics=all
          /range=lsd
          /range=duncan
          /range=tukey
          /range=scheffe.
```

```
set listing ='c:\spss\output\ftest.out'.
data list file='c:\spss\data2'/ test 1 food 4  score 7-8.
value labels  test 1 'test P'  2 'test C'  3 'test W'
            / food 1 'Food A'  2 'Food B'  3 'Food C'.
missing value  score(99).
frecuencies variables= test food score
          /barchart.
descriptives variables=score test food
          /statistics=all.
anova variables=score by test(1,3) food(1,3)
          /option=10
          /statistics=all.
```

```
set listing ='c:\spss\output\faccept4.out'.
data list file='c:\spss\data45'/ tret 1  score 3-4.
value labels  tret 1 'Food A'  2 'Food B'  3 'Food C' 4 'Food D'
missing value  score(99).
frequencies variables= tret
          /barchart.
frequencies variables=score
          /barchart.
descriptives variables=score tret
          /statistics=all.
oneway variables=score by tret(1,4)
          /statistics=all
          /range=lsd
          /range=duncan
          /range=tukey
          /range=scheffe.
```

```
set listing ='c:\spss\output\ftest4.out'.
data list file='c:\spss\data43'/ test 1 food 4  score 7-8.
value labels  test 1 'test P'  2 'test C'  3 'test W'
            / food 1 'Food A'  2 'Food B'  3 'Food C' 4 'Food D'.
missing value  score(99).
frequencies variables= test food score
          /barchart.
descriptives variables=score test food
          /statistics=all.
anova variables=score by test(1,3) food(1,4)
          /option=10
          /statistics=all.
```

```
 Volume Serial Number is 1729-14CF
 Directory of C:\SPSS

SPSS       LOG         660  11-09-92    4:17p
TEACH      LOG           0  08-21-92    . 11a
MTEACH     LOG          68  08-21-92   10:11a
EX1        LOG        1051  08-21-92    8:46a
EX2        LOG         220  08-20-92    2:43p
NEW        LOG         438  08-21-92    9:39a
SOM1       LOG         478  11-09-92    1:32p
SOMCHAI    LOG         468  11-09-92    1:31p
SOM4       LOG         532  11-09-92    2:57p
SOM4TEST   LOG         491  11-09-92    4:16p
        10 file(s)        4412 bytes
                      83318784 bytes free

C:\SPSS>type somchai.log .prn

C:\SPSS>type som1.log >prn

C:\SPSS>type som4.log >prn

C:\SPSS>type som4test.log >prn

C:\SPSS>
```

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ทดสอบทางประสาทสัมผัส

สี

จากตารางการให้คะแนนเรื่องสีพบว่าเมื่ออายุการหมักไส้กรอกอีสาน 3 วัน ได้ผลวิเคราะห์ดังนี้คือ

อาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ spss/pc+ โดยใช้วิธี one way anaiysis (ANOVA) ได้ผลดังตาราง 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนเรื่องสีเมื่อหมักได้ 3 วัน

Page 10 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
By Variable TRET

Analysis of Variance

Sourec	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F. Ratio	F. Prob
Between Groups	3	52.4667	17.4889	10.8875	.0000
Within Groups	116	186.3333	1.6063		
Total	119	238.8000			

จากตารางข้างต้นจะได้ค่า F Prob= 0.0000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า α =0.05 แสดงว่า Reject H_o (ปฏิเสธสมมติฐานหลัก) โดยที่ $H_o : u_A = u_B = u_C = u_D$

นั้นหมายถึงว่ามีค่าเฉลี่ยเกี่ยวกับสีของสูตรอาหารแตกต่างกันอย่างน้อย 1คู่ ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ด้วยวิธี LDS ซึ่งผลของจากใช้วิธี LDS ดังกล่าวจะได้ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนเรื่องสีเมื่อหมักได้ 3 วัน (ต่อ)

Page 14 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
(Continued)

Mean	Group	G r p 1	G r p 2	G r p 3	G r p 4
5.8000	Grp 1				
6.9667	Grp 4	*			
7.4000	Grp 2	*			
7.4333	Grp 3	*			

จากตาราง 2 จะสรุปผลการทดลองความแตกต่างระหว่างคู่ของค่าเฉลี่ยในเรื่องสีของสูตรอาหารทั้ง 4 สูตร คือ A,B,C และ D ดังนี้

1. สีของอาหารสูตรที่ 1 (A) กับสูตรที่ 2 (B) แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ α =0.05

2. สีของอาหารสูตรที่ 1 (A) กับสูตรที่ 3 (C) แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ α =0.05

3. สีของสูตรอาหารที่ 1 (A) กับสูตรที่ 4 (D) แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ α =0.05

จึงสรุปได้ว่าสีของอาหารสูตรที่ 1(A) แตกต่างกับสูตรที่ 2(B) สูตรที่ 3 (C) และสูตรอาหารที่ 4(D) ที่ระดับนัยสำคัญ α =0.05

กลิ่น

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS/PC+ โดยใช้วิธี one way analysis ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนเรื่องกลิ่นเมื่อหมักได้ 3 วัน

Page 34 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
By Variable TRET

Analysis of Variance

Sourec	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F. Ratio	F. Prob
Between Groups	3	37.4250	12.4750	5.3287	.0018
Within Groups	116	271.5667	2.3411		
Total	119	308.9917			

จากตารางข้างต้นจะได้ค่า F Prob = 0.0018 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า α=0.05 แสดงว่า Reject H_0 (ปฏิเสธสมมติฐานหลัก) โดยที่ H_0 ไม่มีความแตกต่างเกี่ยวกับกลิ่นของอาหารแต่ละสูตร นั่นคือมีความแตกต่างเกี่ยวกับกลิ่นของสูตรอาหารอย่างละ 2 สูตร (1คู่)ขึ้นไป ดังนั้นจึงต้องทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเกี่ยวกับกลิ่นทีละคู่โดยใช้วิธี LDS ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนเรื่องกลิ่นเมื่อหมักได้ 3 วัน (ต่อ)

Page 38 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
(Continued)

Mean	Group	G r p 1	G r p 3	G r p 2	G r p 4
5.8333	Grp 1				
6.7333	Grp 3	*			
7.1667	Grp 2	*			
7.2333	Grp 4	*			

จากตารางที่ 4 สามารถสรุปผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเกี่ยวกับกลิ่นของสูตรอาหารได้ดังนี้

1. กลิ่นของสูตรอาหารที่ 1(A) กับสูตรที่ 2(B) แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

2. กลิ่นของสูตรอาหารที่ 1(A) กับสูตรที่ 3(C) แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

3. กลิ่นของสูตรอาหารที่ 1(A) กับสูตรที่ 4(D) แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จึงสรุปโดยรวมได้ว่า กลิ่นของสูตรอาหารที่ 1(A) แตกต่างกับสูตรอาหารที่ 2(B) สูตรที่ 3(C) และสูตรที่ 4(D) ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ลักษณะเนื้อ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS/PC+ โดยใช้ one way analysis ได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนลักษณะเนื้อเมื่อหมักได้ 3 วัน

Page 58 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
By Variable TRET TRET

Analysis of Variance

Sourec	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F. Ratio	F. Prob
Between Groups	3	19.2047	6.4016	2.9862	.0341
Within Groups	115	246.5264	2.1437		
Total	118	265.7311			

จากตารางข้างต้นจะได้ค่า F Prob = 0.0341 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า α=0.05 แสดงว่าปฏิเสธ H_o โดยที่ H_o ไม่มีความแตกต่างเกี่ยวกับลักษณะเนื้อของสูตรอาหารแต่ละสูตร นั่นคือ มีความแตกต่างเกี่ยวกับลักษณะเนื้อของอาหารอย่างน้อย 2 สูตร (1คู่)ขึ้นไป จึงต้องทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างคู่ของค่าเฉลี่ยของสูตรอาหารทั้ง 4 สูตรด้วยวิธี LDS ซึ่งได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนลักษณะเนื้อเมื่อหมักได้ 3 วัน(ต่อ)

Page 64 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
(Continued)

Mean	Group	G r p 1	G r p 4	G r p 3	G r p 2
5.9333	Grp 1				
6.2759	Grp 4				
6.8333	Grp 3	*			
6.9000	Grp 2	*			

จากตารางข้างต้นจะสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

1. ลักษณะเนื้อของอาหารสูตรที่ 1(A) แตกต่างกับอาหารสูตรที่ 2(B) อย่างมีนัยสำคัญ α =0.05

2. ลักษณะเนื้อของอาหารสูตรที่ 1(A) แตกต่างกับอาหารสูตรที่ 3(C) อย่างมีนัยสำคัญ α =0.05

รสชาติ

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS/PC+ โดยใช้วิธี two way analysis แบบมีการวัดซ้ำได้ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนเรื่องรสชาติเมื่อหมักได้ 3 วัน

Page 13 SPSS/PC+ 11/9/92

*** A N A L Y S I S O F V A R I A N C E ***

SCORE
By TEST
FOOD

Sourec of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	30.586	5	6.117	1.889	.096
TEST	2.114	2	1.057	.326	.722
FOOD	28.472	3	9.491	2.931	.034
2-way Interactions	6.676	6	1.113	.344	.913
TEST FOOD	6.676	6	1.113	.344	.913
Explained	37.261	11	3.387	1.046	.405
Residual	1114.020	344	3.236		
Total	1151.281	355	3.243		

จากตารางข้างต้นสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ในสูตรอาหารแต่ละสูตร คือสูตรอาหาร A B C และ D ซึ่งในแต่ละสูตรมีรสชาติอาหาร คือ เปรี้ยว เค็ม และหวาน ผลการทดสอบปรากฏว่ารสชาติอาหารต่างๆ ในอาหารแต่ละสูตรใกล้เคียงกันมากนั้น ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_o) โดยที่ H_o : รสชาติที่แตกต่างกันในสูตรอาหารแต่ละสูตรไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยที่ได้รับ

2. การทดสอบเกี่ยวกับสูตรอาหาร สรุปได้ว่าเมื่อใช้สูตรอาหารที่แตกต่างกันคือ สูตรอาหาร A, B, C และ D จะมีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ α =0.05

3. การทดสอบอิทธิพลระหว่างรสชาติอาหารกับสูตรอาหาร

สรุปได้ว่าไม่มีผลกระทบร่วมกันระหว่างสูตรอาหารแต่ละสูตรกับรสชาติของอาหาร เนื่องจากรสชาติใกล้เคียงกันมาก ทำให้ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยที่ได้รับ นั่นคือ สูตรอาหาร A,B,C และ D โดยที่แต่ละสูตรมีรสชาติใกล้เคียงกันมาก จนทำให้ผู้ชิมไม่สามารถจำแนกความแตกต่างได้

การยอมรับ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS/PC+ + โดยใช้ one way analysis ได้ผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนการยอมรับเมื่อหมักได้ 3 วัน

Page 76 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
By Variable TRET

Analysis of Variance

Sourec	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F. Ratio	F. Prob
Between Groups	3	44.8938	14.9646	6.1442	.0007
Within Groups	98	238.6846	2.4356		
Total	101	283.5754			

จากตารางข้างต้นได้ค่า F Prob = 0.0007 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า α =0.05 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_o โดยที่ H_o : ลักษณะการยอมรับโดยรวมของอาหารแต่ละสูตรไม่แตกต่างกันนั้น แสดงว่ามีความแตกต่างเกี่ยวกับการยอมรับของอาหารแต่ละสูตรอย่างน้อย 2 สูตร (1คู่) ดังนั้นจึงต้องทดสอบความแตกต่างระหว่างคู่ด้วยวิธี LDS ซึ่งได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนการยอมรับเมื่อหมักได้ 3 วัน (ต่อ)

Page 80 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
(Continued)

Mean	Group	G r p 1	G r p 4	G r p 3	G r p 2
5.2400	Grp 1				
6.5200	Grp 4	*			
6.6538	Grp 3	*			
7.0000	Grp 2	*			

จากตารางข้างต้นสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

1. ลักษณะการยอมรับของอาหารสูตรที่ 1(A) แตกต่างกันกับอาหารสูตรที่ 2(B) ที่ระดับนัยสำคัญ α =0.05

2. ลักษณะการยอมรับของอาหารสูตรที่ 1(A) แตกต่างกันกับอาหารสูตรที่ 3(C) ที่ระดับนัยสำคัญ α =0.05

3. ลักษณะการยอมรับของอาหารสูตรที่ 1(A) แตกต่างกันกับอาหารสูตรที่ 4(D) ที่ระดับนัยสำคัญ α =0.05

นั่นคือสรุปโดยรวมได้ว่าอาหารสูตรที่ 1(A) มีลักษณะการยอมรับแตกต่างจากอาหารสูตรที่ 2 3 และ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ α =0.05

ผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสไส้กรอกอีสานในสูตรต่างๆ เมื่ออายุการหมักได้ 4 วัน

สี

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS/PC+) โดยใช้วิธี ONE WAY (ANOVA) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนเรื่องสีเมื่อหมักได้ 4 วัน

Page 7 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
By Variable TRET

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F. Ratio	F. Prob
Between Groups	2	39.2500	19.6250	12.9213	.0000
Within Groups	93	141.2500	1.5188		
Total	95	180.5000			

จากตารางจะได้ค่า F Prob = 0.0000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า α=0.05 แสดงว่า Reject H_o

($H_o : u_A = u_B = u_C$) (ค่าเฉลี่ยของอาหารสูตร A=B=C)

นั่นหมายถึงมีค่าเฉลี่ยของสูตรอาหารในเรื่องของสีต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ ซึ่งอาจจะเป็นระหว่าง A กับ B หรือ B กับ C หรือ A กับ C ก็ได้ ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ด้วยวิธี LDS ซึ่งผลจากการใช้วิธี LDS จะได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนเรื่องสีเมื่อหมักได้ 4 วัน (ต่อ)

Page 11 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
(Continued)

Mean	Group	G r p	G r p	G r p
		1	2	3
6.3125	Grp 3			
7.1875	Grp 2	*		
7.8750	Grp 1	**		

จากตารางที่ 11 จะได้ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างคู่ของค่าเฉลี่ยในเรื่องสีได้ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยของอาหารสูตรที่ 2(B) แตกต่างกับค่าเฉลี่ยของอาหารสูตรที่ 3(C)

2. ค่าเฉลี่ยของอาหารสูตรที่ 1(A) แตกต่างกับค่าเฉลี่ยของอาหารสูตรที่ 3(C)

3. ค่าเฉลี่ยของอาหารสูตรที่ 1(A) แตกต่างกับค่าเฉลี่ยของอาหารสูตรที่ 2B)

สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของสูตรอาหารที่ 1(A),2(B) และ 3(C)แตกต่างกันในเรื่องของสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ α =0.05

กลิ่น (กลิ่น 4 วัน)

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS/PC+) โดยใช้ ONE WAY (ANOVA) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนเรื่องกลิ่นเมื่อหมักได้ 4 วัน

Page 28 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
By Variable TRET

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F. Ratio	F. Prob
Between Groups	2	5.0625	2.5313	.9690	.3833
Within Groups	93	242.9375	2.6122		
Total	95	248.0000			

จากตารางจะได้ค่า F Prob = 0.3833 ซึ่งมีค่ามากกว่า α =0.05 นั่นแสดงว่า Accept H_o

($H_o : u_A = u_B = u_C$)

นั่นหมายถึง ค่าเฉลี่ยของสูตรอาหาร A,B และ C ในเรื่องกลิ่นไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ α =0.05

ลักษณะเนื้อ (ลักษณะเนื้อ 4 วัน)

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS/PC+) โดยใช้วิธี ONE WAY ANALYSIS (ANOVA) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนเรื่องลักษณะเนื้อเมื่อหมักได้ 4 วัน

Page 45 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
By Variable TRET

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F. Ratio	F. Prob
Between Groups	2	1.4023	.7011	.3937	.6758
Within Groups	84	149.5862	1.7808		
Total	86	150.9885			

จากตารางจะได้ค่า F Prob =0.6758 ซึ่งมีค่ามากกว่า α =0.05 นั่นแสดงว่า Accept H_0

นั่นหมายถึง ค่าเฉลี่ยของสูตรอาหาร A, B, และ C ในเรื่องเกี่ยวกับลักษณะเนื้อ ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ α=0.05

รสชาติ

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS/PC+) โดยใช้วิธี TWO WAY ANALYSIS แบบมีการวัดซ้ำได้ผลดังนี้

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนเรื่องรสชาติเมื่อหมักได้ 4 วัน

Page SPSS/PC+ 11/9/92

*** A N A L Y S I S O F V A R I A N C E ***

SCORE
By TEST
FOOD

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	109.340	4	27.335	12.916	0.0
TEST	4.932	2	2.466	1.165	.313
FOOD	104.408	2	52.204	24.667	0.0
2-way Interactions	5.628	4	1.407	.665	.617
TEST FOOD	5.628	4	1.407	.665	.617
Explained	114.969	8	14.371	6.791	.000
Residual	571.404	270	2.116		
Total	686.373	278	2.469		

จากตารางดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การทดสอบสำหรับรสชาติอาหาร

สามารถสรุปได้ว่า ในสูตรอาหารแต่ละสูตร คือ สูตรอาหาร A,B

และ C ซึ่งในแต่ละสูตรมีรสชาติอาหาร คือ เปรี้ยว, เค็มและหวาน ผลการทดสอบปรากฏว่ารสชาติอาหารต่างๆในอาหารแต่ละสูตรใกล้เคียงกันมาก นั่นคือยอมรับสมมุติฐานที่ว่า (H_0 : $u_1 = u_2 = u_3$) (รสชาติที่แตกต่างกันในแต่ละสูตรไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ย)

2. การทดสอบสำหรับสูตรอาหาร

สามารถสรุปได้ว่า เมื่อใช้สูตรอาหารที่แตกต่างกัน คือ สูตรอาหาร A,B และ C จะมีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ นั่นคือ

ปฏิเสธสมมุติฐานที่ว่า H_0 : $u_{.1} = u_{.2} = u_{.3} = u_{.4}$

(สูตรอาหารที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ย)

3. การทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างรสชาติอาหารกับสูตรอาหาร

สามารถสรุปได้ว่า ไม่มีผลกระทบร่วมกันระหว่างสูตรอาหารแต่ละสูตรกับรสชาติอาหารเนื่องจากมีรสชาติใกล้เคียงกันมาก ทำให้ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยที่ได้รับ

นั่นคือ สูตรอาหาร A,สูตรอาหาร B และสูตรอาหาร C แต่ละสูตรมีรสชาติใกล้เคียงกันมาก จนทำให้ผู้ชิมไม่สามารถจำแนกความแตกต่างได้

การยอมรับ

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS/PC+) โดยใช้วิธี ONE WAY ANALYSIS (ANNOVA) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนเรื่องการยอมรับเมื่อหมักได้ 4 วัน

Page 62 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
By Variable TRET

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F. Ratio	F. Prob
Between Groups	2	29.8667	14.9333	7.1965	.0013
Within Groups	87	180.5333	2.0751		
Total	89	210.4000			

จากตารางจะได้ค่า F Probe = 0.0013 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า α =0.05 แสดงว่า Reject H_o

(H_o : $u_A = u_B = u_C$)

นั่นหมายถึงมีค่าเฉลี่ยของสูตรอาหารในเรื่องการยอมรับโดยรวมต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ ซึ่งอาจจะเป็นระหว่าง A กับ B หรือ B กับ C หรือ A กับ C ก็ได้ ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบค่าเฉลี่ยระหว่าง ดูด้วยวิธี LDS ซึ่งผลจากใช้วิธี LDS ดังกล่าวจะได้ผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการให้คะแนนเรื่องการยอมรับเมื่อหมักได้ 4 วัน (ต่อ)

Page 66 SPSS/PC+ 11/9/92

ONEWAY

Variable SCORE
(Continued)

Mean	Group	G r p 3	G r p 2	G r p 1
5.6667	Grp 3			
6.7333	Grp 2	*		
7.0000	Grp 1	*		

จากตารางที่ 16 จะได้ผลการทดสอบในเรื่องการยอมรับโดยรวมสรุปได้ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยของอาหารสูตรที่ 2(B) แตกต่างกับค่าเฉลี่ยของอาหารสูตรที่ 3(C) ที่ $\alpha = 0.05$
2. ค่าเฉลี่ยของอาหารสูตรที่ 1(A) แตกต่างกับค่าเฉลี่ยของอาหารสูตรที่ 3(C) ที่ $\alpha = 0.05$
3. ค่าเฉลี่ยของอาหารสูตรที่ 1(A) แตกต่างกับค่าเฉลี่ยของอาหารสูตรที่ 2(B) ที่ $\alpha = 0.05$