สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การตกค้างของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง

(Nitrite's Residue in Chiness Sausage Production)

นางสาวสมปรารถนา เจริญสุข รหัสนักศึกษา 47040216

นางสาวสุนิษา ยั่งยืน รหัสนักศึกษา 47040219

วพ.
ส 2591 ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 85432
วัน,เดือน,ปี 11 พ.ย. 2551

b 12009969
i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การตกค้างของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง

(Nitrite's Residue in Chiness Sausage Production)

โดย

น.ส.สมปรารถนา เจริญสุข รหัสนักศึกษา 47040216

น.ส.สุนิษา ยั่งยืน รหัสนักศึกษา 47040219

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....ปป..... ...24.../.มีนาคม./.2551...

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ **วัน เดือน ปี**

(ผศ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์)

ผู้เรียบเรียง นางสาวสมปรารถนา เจริญสุข

นางสาวสุนิษา ยั่งยืน

ชื่อเรื่องปัญหาพิเศษ การตกค้างของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง

สาขา อุตสาหกรรมเกษตร (พิเศษ) คณะ อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์

บทคัดย่อ

กุนเชียงเป็นไส้กรอกหมูกึ่งแห้งสไตล์ตะวันออก มีไขมันเป็นส่วนประกอบหลัก และยังคงมีความชื้นสูง จึงทำให้เกิดกลิ่นหืนและการเสื่อมเสียได้ง่าย ซึ่งในการผลิตกุนเชียงจึงมีการเติมสารไนไตรท์ เพื่อทำให้สีของผลิตภัณฑ์แดงน่ารับประทาน และยังป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคสำคัญ คือ *Clostridium botulinum* นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันหรือการเกิด warmed over flavor (WOF) ในผลิตภัณฑ์เนื้อด้วย

ในการศึกษาปริมาณสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่จำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 10 ตัวอย่าง ตรวจพบปริมาณสารไนไตรท์ตกค้างในผลิตภัณฑ์จากมากที่สุดไปมีดังนี้ กุนเชียงหมูยี่ห้อ Tops ถัดมาคือกุนเชียงหมูไม่มียี่ห้อซื้อมาจากแม่ค้าเจ้าหนึ่งในตลาดหัวตะเข้ ยี่ห้อ Tesco Lotus ไม่มียี่ห้อซื้อมาจากอีกเจ้าหนึ่งในตลาดหัวตะเข้ ไม่มียี่ห้อซื้อมาจากตลาดปากน้ำ ยี่ห้อ N&N ยี่ห้อเฮียเล็ก ยี่ห้อปิ๊ง และยี่ห้อเจ๊เล็ก ตามลำดับ จากการสังเกตพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เพิ่งทำเสร็จมาใหม่ ผลิตภัณฑ์จะมีสีค่อนข้างแดง และจะมีปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์อยู่มาก

จากทดลองปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง ตั้งแต่กระบวนการผลิต จนถึงการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วันโดยเติมโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ความเข้มข้น 200 , 300 และ 400 ppm พบว่า ภายหลังการเติมสารไนไตรท์ลงในส่วนผสม ปริมาณการ

ตกค้างของสารไนไตรท์จะลดลงไปเรื่อยๆ เนื่องจากสารไนไตรท์จะถูกรีดิวซ์ได้ไนตริกออกไซด์ในการทำปฏิกิริยาไมโอโกลบิน ภายหลังการอบจะสามารถลดปริมาณของสารไนไตรท์ได้ประมาณร้อยละ 28-32 ทั้งนี้สารประกอบไนไตรท์ดลงจะเปลี่ยนเป็นไนตริกออกไซด์ และในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงเป็นเวลา 15 วัน ปริมาณสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์จะลดลงประมาณร้อยละ 50-52 ไม่ว่าจะเติมสารไนไตรท์ในปริมาณเริ่มต้นเท่าใดก็ตามโดยระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น แนวโน้มของปริมาณไนไตรท์จะยิ่งลดลง

น.ส.สมปรารถนา เจริญสุข

น.ส.สุนิษา ยั่งยืน ..... 24 มีนาคม 2551

(นางสาวสมปรารถนา เจริญสุข (ผศ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์) วัน เดือน ปี

นางสาวสุนิษา ยั่งยืน) อาจารย์ที่ปรึกษา

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องการตกค้างของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ช่วยกรุณาแนะนำและชี้แนะในการเรียบเรียง การนำเสนอ รวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ ให้มีเนื้อความที่ถูกต้อง และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่คอยแนะนำและช่วยให้ปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี และขอขอบคุณพี่พนาวัลย์ และพี่ๆที่กรมวิทยาศาสตร์อาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ข้อมูลและให้ความรู้เพิ่มเติม อีกทั้งยังให้การต้อนรับเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ที่คอยให้กำลังใจและให้กำลังทรัพย์ในการทำงาน และขอขอบคุณ คุณสุริยศักดิ์ นุชนารถ , คุณธนกร ศรีเจริญสมศักดิ์ และเพื่อนๆทุกคนที่ให้คำชี้แนะและให้กำลังใจมาโดยตลอด

นางสาวสมปรารถนา เจริญสุข

นางสาวสุนิษา ยั่งยืน

19 มีนาคม 2551

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อ.....ก

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญ.....ง

สารบัญตาราง.....ช

สารบัญตารางภาคผนวก.....ซ

สารบัญภาพ.....ฌ

บทที่ 1 บทนำ.....1

วัตถุประสงค์.....1

บทที่ 2 วารสารปริทัศน์.....2

2.1 กุนเชียง.....2

2.2 ความสำคัญของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.....3

2.3 การทำให้เกิดสีในกุนเชียง.....3

2.3.1 ปฏิกิริยาชนิดไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง.....5

2.3.2 ปฏิกิริยาชนิดมีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง.....5

2.4 ผลของไนไตรท์ในการเป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์.....6

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

2.5 ผลของไนไตรท์ในการยับยั้งการเหม็นหืน (antioxidant)……..7

2.6 การเสื่อมคุณภาพทางด้านเคมีในผลิตภัณฑ์เนื้อ……8

2.7 ความเป็นพิษของไนไตรท์……..10

2.8 การเกิดไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์เนื้อ……11

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง……...14

3.1 วัตถุดิบ……..14

3.2 สารเคมี……..14

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์……14

3.3.1 อุปกรณ์ผลิตกุนเชียง……14

3.3.2 อุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างไนไตรท์……..15

3.4 วิธีการทดลอง……15

3.4.1 ศึกษาปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์……15
กุนเชียงที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

3.4.2 ศึกษาปริมาณการตกค้างของกุนเชียงในระหว่างกระบวนการผลิต……15
และการเก็บรักษา

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ..17

4.2 ปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงตั้งแต่กระบวนการผลิตจ.....19

กระทั่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....24

เอกสารอ้างอิง.....25

ภาคผนวก.....27

- ภาคผนวก ก กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กุนเชียง.....27
- ภาคผนวก ข วิธีการตรวจสอบและวิเคราะห์.....30
- ภาคผนวก ค การเตรียมสารเคมีในการทดลอง.....36
- ภาคผนวก ง มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กุนเชียงหมู.....39
- ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์.....42

ในระหว่างการเก็บรักษากุนเชียงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

ประวัติผู้เขียน.....49

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 แสดงปริมาณสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่จำหน่ายในท้องตลาด.....18

2 แสดงปริมาณสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงก่อนและภายหลังการอบ.....20
และในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

3 แสดงร้อยละของปริมาณสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงก่อนและภายหลังการอบ.....21
และในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

1 แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมด แต่ละปัจจัย.....42

2 แสดงปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ในระหว่างการ.....43
เก็บรักษากุนเชียงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

3 ตาราง ANOVA ที่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติของแต่ละปัจจัย.....45

4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ของกระบวนการผลิตและอายุการเก็บ...47
รักษาของผลิตภัณฑ์กุนเชียง ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน (DUNCAN)

5 แสดงระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของสารไนไตรท์ที่ 200 , 300.....48
และ 400 ppm ของผลิตภัณฑ์กุนเชียง (DUNCAN)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไมโอโกลบินในการเกิดสีของเนื้อ	4
2	แสดงกลไกการเกิดสารไนโตรซามีน	13
3	กราฟแสดงปริมาณสารไนไตรท์ที่คงเหลือในผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน	23
4	แสดงลักษณะการหั่นหมูที่หั่นเป็นชิ้นๆ	27
5	แสดงลักษณะการหั่นมันแข็งที่หั่นเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า	27
6	แสดงส่วนผสมทั้งหมด จากนั้นเทส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน	28
7	แสดงเนื้อที่นวดผสมให้เข้ากัน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที	28
8	แสดงการนำเนื้อหมูที่หมักได้ที่แล้วมาบรรจุไส้	28
9	แสดงการนำผลิตภัณฑ์กุนเชียงอบในตู้อบลมร้อนที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่งโมง	29
10	แสดงการนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงมาบดละเอียดด้วยเครื่อง Blender ปั่นแห้ง	30
11	แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่บดละเอียดแล้ว	30
12	แสดงการชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่บดละเอียดแล้วน้ำหนัก 5 กรัมด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง	31

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
13	แสดงการต้มตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงบน hot plate จนได้อุณหภูมิ 80°C จากนั้นนำมาเติมน้ำร้อนจำนวน 300 มิลลิลิตร แล้วไปวางบน water bath ที่มีอุณหภูมิ 80°C นาน 2 ชั่วโมง	31
14	แสดงการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ในขวดปรับปริมาตร 250 มิลลิลิตร	32
15	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่นำไปกรองแล้ว จนได้สารละลายใส จากภาพเป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเอง ที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm	32
16	แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเองที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm โดยสุ่มตรวจในวันที่ 0	33
17	แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเองที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm โดยสุ่มตรวจในวันที่ 3	33
18	แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเองที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm โดยสุ่มตรวจในวันที่ 6	34
19	แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเองที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm โดยสุ่มตรวจในวันที่ 9	34
20	แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเองที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm โดยสุ่มตรวจในวันที่ 12	35

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

21 **แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเองที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้น...35**

ที่ 200, 300 และ 400 ppm โดยสุ่มตรวจในวันที่ 15

22 กราฟของ STANDARD CURVE.....37

บทที่1

บทนำ

กุนเชียงเป็นผลิตภัณฑ์จากการแปรรูปเนื้อโดยการลดขนาด แบบบดหยาบโดยการบดเนื้อด้วยเครื่องบด โดยมีส่วนผสมหลักคือเนื้อสุกร และไขมัน ยังมีส่วนผสมอื่นเช่น เกลือ น้ำตาล เครื่องเทศ โปรตีนเกษตร ซีอิ๊วขาว เกลือ และผงเพรคที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะดีขึ้น ซึ่งการเกิดสีไนไตรท์เกิดเนื่องจากมีการเติมสารประกอบไนไตรท์ลงในส่วนผสมก่อนการนำไปอบ และการเปลี่ยนแปลงของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน ปริมาณสารไนไตรท์อิสระจะลดลงอย่างรวดเร็ว ถึงร้อยละ 20 – 80 และจะสูญหายระหว่างการเก็บรักษาด้วย ปริมาณไนไนไตรท์อิสระคงค้างในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ที่วางขายตามท้องตลาดอยู่ในระดับ 10 – 50 ส่วนในล้านส่วน นอกจากสารไนไตรท์จะทำให้เกิดสีในผลิตภัณฑ์อาหารแล้วยังมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด คือ จะมีผลต่อจุลินทรีย์มากขึ้น เมื่อสภาพความเป็นกรดสูงขึ้น และยังเป็นตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน หรือการเกิด warmed over flavor (WOF) ในผลิตภัณฑ์เนื้อ แต่ใช่ว่าสารไนไตรท์จะมีแต่ประโยชน์ ถ้าเติมในปริมาณมากเกินไปก็อาจเป็นอันตรายได้ โดยทางกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ว่าต้องไม่เกิน125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งถ้าได้รับมากเกินไปจะทำให้ผิวหนังเริ่มเปลี่ยนสีเป็นน้ำเงินแกมเทา (gray blue) หรือน้ำเงินแกมน้ำตาล (brown blue) โดยจะเริ่มจากริมฝีปาก นิ้วมือ นิ้วเท้า หน้า และตลอดลำตัว ถ้าเป็นมากอาจขาดออกซิเจน ทำให้ตายได้ และทำให้เกิดไนโตซามีนโดยมักเกิดหลังจากให้ความร้อน ซึ่งสารไนโตรซามีนนี้เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งได้ เพราะฉะนั้นจึงไม่ควรให้มีตกค้างในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในปริมาณมาก

วัตถุประสงค์

1.1.เพื่อศึกษาปริมาณไนไตรท์ที่คงเหลือในผลิตภัณฑ์กุนเชียง

1.2.เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารไนไตรท์ในระหว่างกระบวนการผลิตกุนเชียง

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 กุนเชียง

กุนเชียงเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อชนิดหนึ่งที่คุ้นเคยและนิยมบริโภคมานาน กุนเชียงได้รับความนิยมเนื่องจากมีกลิ่นรสเฉพาะ กุนเชียงจัดเป็นไส้กรอกอิ่งแห้งหรือไส้กรอกที่ใช้เวลาหมักสั้นซึ่งมีส่วนผสม กระบวนการผลิต จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง และกลิ่นรสแตกต่างจากไส้กรอกหมักของชาวตะวันตก เนื่องจากทำโดยวิธีดั้งเดิมที่มีการสืบทอดกันหลายชั่วคนดังนั้น คุณภาพของผลิตภัณฑ์จึงแตกต่างกันและไม่มีสูตรมาตรฐาน กุนเชียงเป็นผลิตภัณฑ์จากการแปรรูปเนื้อโดยการลดขนาด แบบบดหยาบโดยการบดเนื้อด้วยเครื่องบด เพื่อทำให้โครงสร้างของเนื้อสดลงแต่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อ กุนเชียงจึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่หยาบกว่าไส้กรอกอิมัลชัน กุนเชียงมีส่วนผสมหลักคือเนื้อสุกร และไขมันเช่นเดียวกับไส้กรอกโดยทั่วไป ขณะที่ ส่วนผสมอื่นเช่น เกลือ น้ำตาล เครื่องเทศ โปรตีนเกษตร ซีอิ๊วขาว ใส่ลงไปเพื่อ ให้กลิ่น รส และทำให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น แต่เนื่องจากกุนเชียงมีไขมันเป็นส่วนประกอบ หลัก และยังคงมีความชื้นสูง จึงทำให้เกิดกลิ่นหืนและการเสื่อมเสียได้ง่าย เนื่องจากกุนเชียงมีปริมาณความชื้นอยู่มาก ทำให้แบคทีเรีย ยีสต์และรา สามารถเจริญได้ดี ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องลดความชื้นลง โดยการอบด้วยลมร้อน เพื่อให้มีความชื้นเหลือในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งจะยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นได้ โดยทั่วไปอาหารแห้งที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำกว่า 0.70 จะปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ แต่ต้องควบคุมการเกิดออกซิเดชัน (auto oxidation) เนื่องจากไขมันจะทำปฏิกิริยากับ อากาศทำให้เกิดการเหม็นหืนได้ นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงสีเนื่องจากอุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการเก็บรักษากุนเชียงที่อุณหภูมิสูง และควรเก็บในที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก

2.2 ความสำคัญของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

การหมักเนื้อจะมีการใส่สารไนไตรท์/ไนเตรทลงไปด้วย โดยมีจุดประสงค์ใหญ่ 2 ประการคือ เพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยากับเม็ดสีในกล้ามเนื้อ (heme pigment) ช่วยทำให้สีเนื้อแดง น่ารับประทาน เพื่อเป็นสารที่ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobialaction) โดยเฉพาะเชื้อ *Clostridium* spp. ซึ่งเป็นเชื้อทำให้เกิดอาหารเป็นพิษอย่างรุนแรง จะถูกยับยั้งโดยสารไนไตรท์/ไนเตรทได้ และจะลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีในผลิตภัณฑ์ ประสิทธิภาพการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์มีมากขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับเกลือบริโภค (Lawire, 1975)

สารไนไตรท์ที่ใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์มีหลายชนิด ได้แก่ โซเดียมไนไตรท์ ซึ่งมีลักษณะเป็นผงสีเหลืองซีดหรือขาวทึบแสง โปแตสเซียมไนไตรท์มีลักษณะเป็นผลึกเล็กๆซึ่งดูดความชื้นและละลายได้ง่าย สีขาวหรือสีเหลือง หรืออาจมีผลึกรูป cylindrical sticks โซเดียมไนเตรทลักษณะเป็นผงหรือ granule สีขาว หรือไม่มีสี โปแตสเซียมไนเตรทลักษณะเป็นผลึกสีขาว หรือผงสีขาว ผงเพรคมีลักษณะเป็นผงสีชมพูเป็นส่วนผสมของสารไนไตรท์และไนเตรท โดยมีส่วนผสมของสารอื่นๆด้วย

การเปลี่ยนแปลงของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อที่ผ่านการหมัก เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน ปริมาณสารไนไตรท์อิสระจะลดลงอย่างรวดเร็ว ถึงร้อยละ 20 – 80 และจะสูญหายระหว่างการเก็บรักษาด้วย ปริมาณไนไนไตรท์อิสระคงค้างในผลิตภัณฑ์เนื้อที่ผ่านการหมัก ที่วางขายตามท้องตลาดอยู่ในระดับ 10 – 50 ส่วนในล้านส่วน

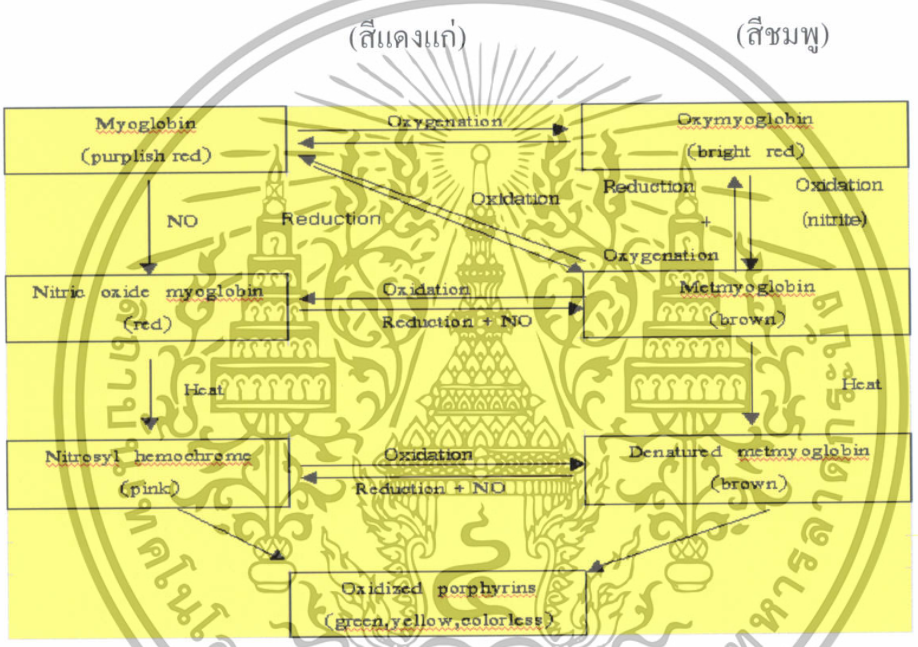
The Meat Inspection Division of Agriculture อนุญาตให้ใช้สารไนไตรท์ในปริมาณจำกัด คือ ต้องมีสารไนไตรท์ซึ่งวิเคราะห์ในรูปโซเดียมไนไตรท์อิสระคงค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 156 ส่วนในล้านส่วน

2.3 การทำให้เกิดสีในกุนเชียง

ในการหมักเนื้อผสมสารไนไตรท์นั้น พบว่าการใช้ไนไตรท์จะมีประสิทธิภาพสูงกว่า ไนเตรท เพราะการเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์นั้น ไนเตรทจะถูกรีดิวซ์เปลี่ยนไปอยู่ในรูปไนไตรท์ โดยอาศัย

จุลินทรีย์บางชนิดในระหว่างการหมัก และเปลี่ยนต่อไปเป็นไนตริกออกไซด์ ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับเม็ดสีในกล้ามเนื้อคือ ไมโอโกลบิน ได้เป็นไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน เมื่อถูกความร้อนเม็ดสีนี้จะกลายเป็นไนโตรโซฮีโมโครม มีสีชมพูดังปฏิกิริยา (Joslyn and Heid , 1963)

$$\text{Nitric oxide + myoglobin} \xrightarrow{\text{NO}} \text{Nitricoxidemyoglobin} \xrightarrow{\text{heat}} \text{Nitrosohaemochrome}$$



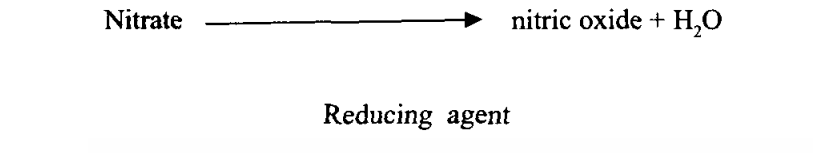
ภาพที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไมโอโกลบินในการเกิดสีของเนื้อ

ปฏิกิริยาการรวมของไนตริกออกไซด์กับไมโอโกลบิน แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าปฏิกิริยาแรกคือการออกซิเดชั่นของเฟอรัสในไมโอโกลบินไปเป็นเฟอริคในเมทไมโอโกลบิน ในขณะเดียวไนไตรท์จะถูกรีดิวซ์ใน autocatalytic reaction ไปเป็นไนตริกออกไซด์ (Krol and Tinbergen, 1974)

ทางชีวเคมีปฏิกิริยาการเกิดสีของเนื้อหมักมี 2 กรณี คือ ปฏิกิริยาชนิดที่ไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้องของไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน (Koigumi and Brown, 1971) และปฏิกิริยาชนิดมีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง(Clifford and Walters, 1968) ทั้งสองกรณีจะต้องใช้ NADH โดยกรณีแรก NADH จะช่วย Coenzyme FMN หรือ FDA ให้เกิดปฏิกิริยาและกรณีหลังจะใช้ NADH ในขบวนการรีดักชั่น

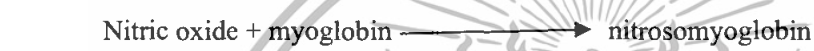
2.3.1 ปฏิกิริยาชนิดไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง

ไม่มีแสง แต่มีจุลินทรีย์

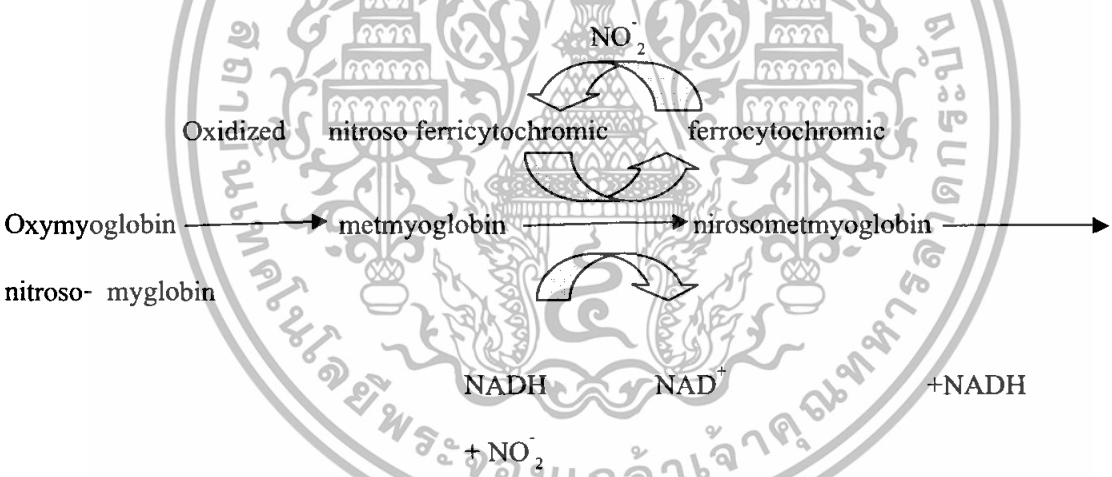


Reducing agent

เช่น NADH , -SH



2.3.2 ปฏิกิริยาชนิดมีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง



ในกระบวนการทำผลิตภัณฑ์เนื้อที่หมักใส่สารไนไตรท์ พบว่าช่วงต่างๆของกระบวนการผลิตปริมาณไนเตรทอิสระจะลดลง Cassens และคณะ (1979) ได้รวบรวมสาเหตุการสูญหายของสารไนไตรท์ระหว่างการผลิตไว้ ดังนี้

1.ทำปฏิกิริยาไมโอโกลบิน โดยไนไตรท์ถูกรีดิวซ์ได้ไนตริกออกไซด์ ซึ่งจะรวมตัวกับไมโอโกลบินเป็นไนโตรโซไมโอโกลบิน หรือรวมตัวกับไมโอโกลบินเป็นไนโตรโซฮีโมโกลบิน ปฏิกิริยารวมตัวของไมโอโกลบินและไนไตรท์เกิดขึ้นในอัตราส่วนโมลต่อโมล กรณีนี้จะลดไน

ไตรท์ลงไป 15 ส่วนในล้านส่วน นอกจากนี้ไนไตรท์อาจรวมได้กับพอร์พิรีน และไนโตรโครม เล็กน้อย

2. การเกิดไนเตรท ไนไตรท์จะถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรท ในขณะเดียวกันกับที่เฟอรัสในไมโอโกลบินถูกออกซิไดซ์เป็นเฟอริด กรณีนี้จะพบมากเมื่อมีการใช้ไนไตรท์ในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังอาจเกิดปฏิกิริยา autooxidation ซึ่งทำให้เกิดไนเตรทและไนตริกออกไซด์ด้วย

3. การเกิดก๊าซต่างๆ ไนไตรท์นอกจากจะถูกเปลี่ยนเป็นไนตริกออกไซด์และไนเตรทแล้ว ยังให้ไนโตรเจนได้ เมื่อกรดไนตรัสรวมตัวกับกลุ่มอะมิโน จะเกิดเร็วเมื่อมีความเป็นกรดสูงและอุณหภูมิสูงนอกจากนี้ไนตริกออกไซด์อาจถูกออกซิไดซ์เป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ (Walter and Caselden , 1970)

4. สารไนไตรท์รวมตัวกับ sulphydryl group ไนไตรท์สามารถรวมตัวกับ cysteine เกิดเป็น S-nitrosocysteine ซึ่งปฏิกิริยานี้มักเกิดในสภาพที่เป็นกรด pH 2-3 และอาจรวมตัวกับ sulphydrul ใน Nitrosothiol

2.4 ผลของไนไตรท์ในการเป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

สารไนไตรท์มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด คือ จะมีผลต่อจุลินทรีย์มากขึ้น เมื่อสภาพความเป็นกรดสูงขึ้น ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของไนไตรท์เกิดได้หลายแบบ เชื่อว่ากรดไนตรัสสามารถเข้ารวมตัวกับโครงสร้างของโมเลกุลน้ำย่อย พวก dehydrogenases และยังมีปฏิกิริยากับพวก monophenol เช่น tyrosine ทำให้องค์ประกอบของเซลเปลี่ยนไปหรือรวมตัวกับพวก heme pigment และไซโตโครมของเซลด้วย ปฏิกิริยาเหล่านี้จะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ เพราะทำให้เกิดการสูญเสียของ heme containing respiratory catalysts (Van Slyke, 1964 ; Gastellani and Niven , 1972)

Yesair และ Carmeron (1972) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเชื้อ *Clostridium botulinum* ใน pork infusion agar พบว่ามากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนสปอร์ลดลง เมื่อใช้โซเดียมไนเตรท 0.1 หรือโซเดียมร้อยละ 0.005 หรือเกลือบริโภคร้อยละ 2 แต่เมื่อใช้เกลือ 3 ชนิดรวมกัน ในการหมักพบว่าอัตราการตาย

ของเชื้อสูงถึงร้อยละ 100 ในขณะที่ Silliker และคณะ (1973) พบว่าไนไตรท์มีส่วนในการเพิ่มอายุการเก็บของ Canned Comminuted meat ซึ่งใช้การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูง แต่ไนไตรท์จะไม่สามารถป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่ทดลองใส่สปอร์ของเชื้อในปริมาณสูงมากๆ

แบคทีเรียแต่ละชนิดมีความทนทานต่อสารไนไตรท์แตกต่างกัน สารไนไตรท์สามารถยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* , *Streptococcus salivarius* และ *Streptococcus nitis* ซึ่งประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีเกลือบริโภคอยู่ด้วย การใช้น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ3.6 และสารไนไตรท์ 150 ส่วนในล้านส่วน สามารถป้องกันการเสียของ ground pork trimming เมื่อมีสปอร์ของเชื้อ *Clostridium perfringens* อยู่ในระดับน้อยกว่า 1 สปอร์ คือเนื้อ 1 กรัมและเหลือปริมาณไนไตรท์ 83 ส่วนในล้านส่วน หลังผ่านขบวนการให้ความร้อน แต่จะไม่สามารถป้องกันเมื่อมีสปอร์ของเชื้อ 50 สปอร์ต่อเนื้อ 1 กรัม

2.5 ผลของไนไตรท์ในการยับยั้งการเหม็นหืน (antioxidant)

เนื่องจากไขมันเป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิต และมีผลต่อกลิ่นรสของอาหาร เมื่อไขมันถูกออกซิเดชั่นมีผลทำให้ได้กลิ่นรสที่ไม่ต้องการ (off flavor)

สารไนไตรท์เป็นตัวยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน หรือการเกิด warmed over flavor (WOF) ในผลิตภัณฑ์เนื้อ Sato และ Hegarty (1971) ได้ศึกษาโดยใส่สารไนไตรท์ในเนื้อวัวบดที่ทำให้สุกตั้งแต่ 0 ถึง 200 ส่วนในล้านส่วน พบว่าการใส่สารไนไตรท์ที่ระดับ 50 ส่วนในล้านส่วน ก็เพียง พอในการป้องกันการเกิด WOF ได้ ซึ่งการตรวจผลนี้ใช้วิธีการวัดค่า TBA number

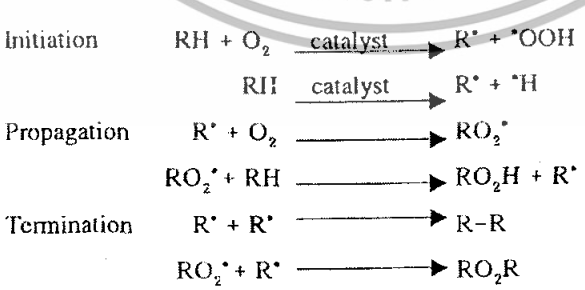
Younathan และ Watts (1973) ; Haddan และคณะ (1975) ได้พบในลักษณะเดียวกัน ใน cured และ uncured refrigerated cooked pork คือค่า TBA จะสูงสุดในตัวอย่างที่ไม่ได้ใส่สารไนไตรท์

ในขณะที่ MacDonald และคณะ (1980) ได้ศึกษาผลของสารไนไตรท์บิวธีเรตไฮดรอกซีโทลูอีน และกรดซีตริกในแฮมต้ม โดยการตรวจค่า TBA น้อยที่สุด และเมื่อใส่สารไนไตรท์ปริมาณสูงขึ้น ค่า TBA ก็ยิ่งมีระดับต่ำลง และพบว่าการใช้เกลือบริโภคร่วมกับกรดซีตริกหรือการใช้เกลือ

บริโภคร่วมกับบิวธีเรตไฮดรอกซีโทลูอีนจะทำให้ค่า TBA สูงขึ้น และเมื่อหมักด้วยเกลือบริโภคอย่างเดียวจะมีค่า TBA สูงที่สุด

2.6 การเสื่อมคุณภาพทางด้านเคมีในผลิตภัณฑ์เนื้อ

การเสื่อมเสียคุณภาพทางด้านเคมีในผลิตภัณฑ์เนื้อส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) ของไขมัน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางอาหาร (Kanner, 1994) เนื้อสัตว์ที่ถูกตัดออกมาจะมีความไวในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นแตกต่างกัน เนื่องจากระดับความไม่อิ่มตัวของไขมันที่แตกต่างกัน โดยปฏิกิริยาออกซิเดชั่นต้องการสารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) ที่จะเข้าไปร่วมกับไขมันซึ่งสารออกซิไดซ์ที่พบมากที่สุดคือออกซิเจนในอากาศ การป้องกันออกซิเจนทำได้โดยการบรรจุแบบสุญญากาศ หรือลดปริมาณออกซิเจนโดยบรรจุแบบดัดแปร (modified atmosphere) ซึ่งคาดว่าจะป้องกันหรือลดการเกิดการหืนเนื่องจากออกซิเจน ส่วนการบดเนื้อให้เป็นชิ้นเล็กๆ จะทำให้ออกซิเจนพบกับไขมันได้มากขึ้น จึงเกิดการหืนเนื่องจากออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ฟอสโฟลิปิด (phospholipids) มีความไม่อิ่มตัวสูง จึงมีแนวโน้มที่จะเกิดออกซิเดชั่นได้มาก และตำแหน่งของฟอสโฟลิปิดไม่ว่าจะเป็นในเนื้อเยื่อหรือบนผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อไขมันจะมีอิทธิพลต่อการเกิดออกซิเดชั่น ดังนั้นปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะเกิดได้เมื่อเซลล์ถูก ทำลาย (Ranken, 1994) โดยปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันมีอยู่ 3 ขั้นตอน ดังสมการต่อไปนี้ (Hamilton, 1983)



เมื่อ RH = unsaturated lipid
R• = lipid free radical
$RO_2^•$ = lipid peroxy radical
ROOH = hydroperoxide

ในขั้นตอนแรก (initiation) โมเลกุลของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated lipid) ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในสภาวะที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ซึ่งได้แก่ ความร้อน แสง การฉาย รังสี อิออนโลหะ โปรตีนที่มีอิออนของโลหะในโมเลกุล (metalloproteins) เช่น ฮีม (heme) ทำให้มีการแตกตัวของพันธะคู่ในโมเลกุลกรดไขมันได้เป็นอนุมูลอิสระ (lipid free radial) ในขั้นต่อมา ซึ่งเป็นขั้นการแพร่กระจาย (propagation) อนุมูลไขมันอิสระจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็นอนุมูลลิปิดเปอร์ออกซี (lipid peroxy radical) ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปกับกรอไขมันไม่อิ่มตัว ทำให้ได้ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) และอนุมูลไขมันอิสระขั้นตอนนี้เรียกว่า การแพร่กระจายด้วยตัวเองแบบลูกโซ่ (self-propagating chain process) ซึ่งหากในขั้นตอนนี้มีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น อิออนของทองแดง (Cu^{2+}) เพียงเล็กน้อยก็สามารถที่จะทำให้เกิดโมเลกุลของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ได้อย่างมากมาย โดยสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์นี้เองเมื่อเกิดการแตกตัวจะทำให้เกิดกลิ่นหืนขึ้น ส่วนในขั้นสุดท้าย (termination) จะเป็นขั้นการหยุดปฏิกิริยาโดยการจับกันระหว่างอนุมูลไขมันอิสระหรือเกิดการจับกันระหว่างอนุมูลลิปิดเปอร์ออกซีกับอนุมูลไขมันอิสระ (Hamilton, 1983)

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ ส่วนมากมักจะเป็นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันแบบออโตซิเดชั่น (autoxidation) หรือแบบไม่มีเอนไซม์ (non-enzymatic catalysis) ซึ่งปฏิกิริยาแบบนี้สามารถเกิดขึ้นกับเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาพดิบและสุก เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าการที่เนื้อสัตว์มีสีแดง เนื่องจากฮีโมโกลบิน (haemoglobin) ในเลือด และไมโอโกลบิน (myoglobin) ในกล้ามเนื้อ ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้ เป็นสารประกอบพวกโปรตีนที่เกิดจากการรวมตัวของโกลบิน (globin) กับฮีม (heme) ไมโอโกลบินเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศจะได้เป็นออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) ทั้งออกซีไมโอโกลบินและไมโอโกลบิน มีความสามารถที่จะสูญเสียอิเล็คตรอนได้ง่าย กลายเป็นเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) เป็นตัวการสำคัญที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน ทำให้เกิกลิ่นหืนในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ และนอกจากนี้ยังพบว่าธาตุเหล็กที่มีอยู่ในเมทไมโอโกลบิน เป็นตัวการสำคัญในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Schultz *et al.*,1962) การเกิดปฏิกิริยาออโตซิเดชั่นจะช้าหรือเร็วขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของกรดไขมัน แสง อุณหภูมิ ออกซิเจน โลหะ และเอนไซม์ (ศิวาพรม 2535) ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงพบว่าการใช้ไขมันแข็ง (back fat) ลดการเกิดปฏิกิริยาออโต

ซิเดชั่นซึ่งทำให้เกิดกลิ่นหืนกับผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าไขมันจากเนื้อเยื่อไขมันที่อ่อนนุ่ม (soft fatty tissue) (Varnam and Sutberland, 1995)

การวัดการเสื่อมเสียของไขมันในอาหาร สามารถใช้ได้ทั้งวิธีทางประสาทสัมผัส (organoleptic evaluation) และทางเคมี โดยวิธีทางประสาทสัมผัสใช้ผู้บริโภคประเมินผลเป็นคะแนนซึ่งสัมพันธ์กับกลิ่นหืน จึงจำเป็นต้องใช้ผู้ชิมที่มีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ วิธีนี้มีข้อเสีย คือ ผลที่ได้มามีความแปรปรวนและเสียเวลา สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีวัดได้โดยใช้ค่าทีบีเอ (TBA; thiobabituric acid value) ซึ่งการหาค่าทีบีเอเป็นวิธีที่นิยมใช้วัดระดับการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันอย่างกว้างขวาง โดยวัดความเข้มของสีแดงที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดไทโอบาบิทูริก (2-thiobabituric acid) กับสารที่ได้จากการเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน คือ มาลอนัลดีไฮด์ (malonadehyde) นิยามค่าทีบีเอ คือ จำนวนมิลลิกรัมของมาลอนัลดีไฮด์ในตัวอย่าง 1000 กรัม (Yu and Sinnhuber, 1957)

2.7 ความเป็นพิษของไนไตรท์

ไนไตรท์เป็นพิษแก่ร่างกายเมื่อบริโภคมากเกินไป โดยเฉพาะไนไตรท์มีพิษแรงกว่าไนเตรท เพราะเมื่อผ่านลำไส้เข้าสู่กระแสโลหิตแล้วจะไปออกซิไดซ์ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงกลายเป็นเมทไมโอโกลบิน (Methmyoglobin) ซึ่งจะทำให้เม็ดเลือดนั้นหมดสภาพไม่สามารถลำเลียงออกซิเจนได้อีก ไนไตรท์ที่ถูกดูดซึมร้อยละ 30-40 จะถูกขับถ่ายโดยไม่เปลี่ยนแปลงออกไปกับสภาวะที่เหลืออีกร้อยละ 60-70 ยังทราบไม่แน่นอน ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่สำคัญที่สุดที่เกิดขึ้นในร่างกาย คือการเปลี่ยน hemoglobin ไปเป็น methemyoglobin ทำให้การขนถ่ายออกซิเจนของเม็ดเลือดแดงเสียไป เด็กที่มีอาการนี้ผิวหนังจะเริ่มเปลี่ยนสีเป็นน้ำเงินแกมเทา (gray blue) หรือน้ำเงินแกมน้ำตาล (brown blue) โดยจะเริ่มจากริมฝีปาก นิ้วมือ นิ้วเท้า หน้า และตลอดลำตัว ถ้าเป็นมากอาจขาดออกซิเจน ทำให้ตายได้ (Furia, 1972) และรงควัตถุชนิดนี้ไม่สามารถทำหน้าที่ เป็นตัวพาอ็อกซิเจนได้อีก สำหรับคนปริมาณไนไตรท์ที่ทำให้ถึงแก่ความตายคือ 8 กรัม

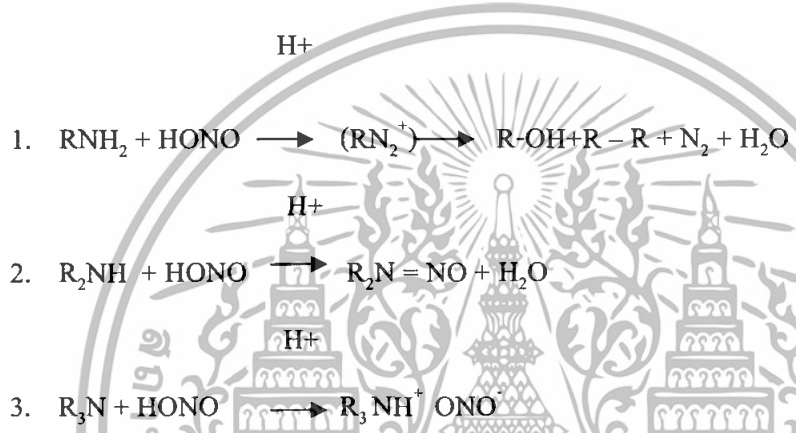
นอกจากนี้ยังพบว่าสารประกอบดังกล่าวจะทำให้เกิดสารประกอบที่เรียกว่าไนโตรซามิน จะเห็นได้จากการทดลองในสัตว์พบว่า ไนโตรซามินจะเหนี่ยวนำให้เกิดเนื้องอกชนิดเนื้อร้าย

(malignant tumor) ในอวัยวะสำคัญๆเช่นที่ ตับ ไต หลอดอาหาร กระเพาะปัสสาวะ ปอด ฯลฯ ไนโตรซามีนแต่ละชนิดมีศักยภาพในการก่อมะเร็งต่างกัน ปริมาณเฉลี่ยที่ทำให้เกิดมะเร็งในหนู ของไนโตรโซไดเมททิลลามิน(nitrosodimethylamine ; NDMA) ไนโตรโซไดเอทธิลามิน (nitrosodiethylamine ; NDEA) และไนโตรโซไพโรลิดิน(nitrosopyrolidine ; NPYR) คือ 400, 633 และ 3900 ppb ตามลำดับ ตัวที่มีโอกาสพบมากในอาหารคือ NDMA, NDEA และ NPYR คาดว่ากลไกที่ไนโตรซามิน ก่อให้เกิดมะเร็งคือ การเติมกลุ่ม alkyl ให้ nucleic acid ทำให้องค์ประกอบของ DNA เกิดมิวเตชั่น(mutation) เป็นมะเร็ง (จิราพร, 2531) นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องปรุงรสที่ใช้ในผลิตภัณฑ์จะมี NPYR ได้โดยเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างไนไตรท์กับพริกไทย จึงมีการหลีกเลี่ยงสารพิษดังกล่าว โดยบรรจุไนไตรท์กับเครื่องปรุงรสแยกกัน จากการทดลองของ Sen และคณะ (1974) พบว่าปริมาณของสารไนโตรซามีนในรูปของ NPYR (N-nitropyrrolidine) และ NDMA (N-nitrosodimethylamine) จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับเกลือโซเดียมไนไตร์ในช่วง 50-200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม กล่าวคือ เมื่อความเข้มข้นของโซเดียมไนไตร์ทเพิ่มขึ้น ปริมาณของ NYPR ก็จะเพิ่มขึ้นในช่วง 2-20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Gray และ Randall (1979), Gray และคณะ (1982) ซึ่งพบว่าปริมาณของไนโตรซามีน (NPYR) จะเพิ่มเมื่อความเข้มข้นของไนไตร์ทเพิ่มขึ้น Fiddler และคณะ (1981) ได้ฉายรังสีแกรมม่าปริมาณ 30 กิโลเกรย์ที่เบตอนอุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส พบว่า รังสีสามารถลดปริมาณอิสระที่เหลืออยู่ในเนื้อสัตว์ และยังทำลายการสร้างไนโตรซามีนได้อีกด้วย

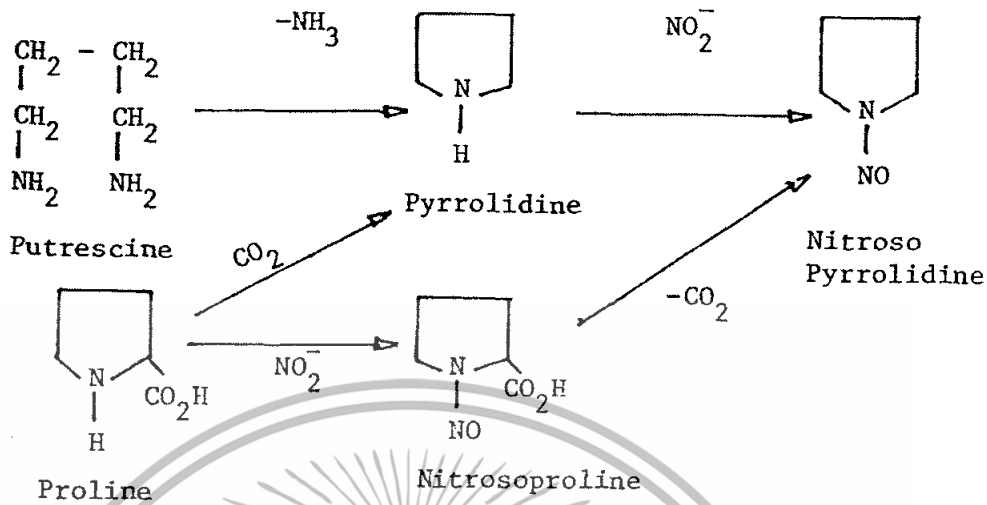
2.8 การเกิดไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์เนื้อ

ไนโตรซามีนเกิดจากสารประกอบเอมีนซึ่งอยู่ในเนื้อสัตว์ตามธรรมชาติ และ ไนไตรท์ที่เติมในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ซึ่งที่รู้จักกันดีในชื่อ “ดินประสิว” โดยจุดประสงค์ในการเติมไนไตรท์ก็เพื่อรักษาคุณภาพสีของ ผลิตภัณฑ์ให้น่ารับประทาน เสริมกลิ่นรสที่ดี และยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* และพบว่าการเกิดสารไนโตรซามีนอาจเกิดได้จากกรดไนตรัสที่เกิดการแตกตัวของไนเตรท ดังนั้นการใช้ไนเตรทเติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ อาจทำให้เกิดสารก่อมะเร็งขึ้นได้ในผู้บริโภค ถ้าการเติมใช้ในปริมาณมากเกินไป และไม่ถูกต้อง

จากประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 ได้จัดไนเตรทและไนไตรท์เป็นวัตถุกันเสียที่ให้ใช้ได้ในผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยอนุญาตให้ใช้สารไนเตรทและไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อได้ไม่เกิน 500 และ 125 มิลลิกรัมต่ออาหารกิโลกรัมตามลำดับ แต่ผลิตภัณฑ์เนื้อที่วางจำหน่ายทั่วไปนั้น มักมีการเติมไนเตรทและไนไตรท์เกินมาตรฐาน เพราะผู้ผลิตขาดความรู้ความใจที่ถูกต้องในการใช้สารเจือปนอาหารชนิดนี้ (เยาวลักษณ์, 2547) ปฏิกิริยาการเกิดไนโตรซามีน Roger (1974) ได้แสดงไว้ว่าเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่าง primary amine , secondary amine และ tertiary amine คือ



กลไกการเกิดสารไนโตรซามีน (Gray, 1976; Bhamcha และคณะ, 1979) ที่ได้รับการยอมรับคือ ไนโตรซามีนนั้นมักเกิดหลังจากให้ความร้อน โดยระหว่างให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์นั้น กรดไนตรัสจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูป N_2O_3 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (มากกว่า 100 องศาเซลเซียส) N_2O_3 ก็แตกตัวออกเป็นไนตริกออกไซด์ และ NO_2 radical ไนตริกออกไซด์มีความคงตัว ส่วน NO_2 radical นั้นทำปฏิกิริยากับโปรตรอนที่ได้จาก proline แล้วรวมตัวกับ NO_2 radical เกิดเป็น N-nitrosoproline ขึ้นซึ่งเป็นสารตัวกลางที่จะเกิดเป็น NPYR ต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่า proline จะเกิด nitrosation ก่อนแล้วเกิด decarboxylation ได้สาร pyrrolidine ซึ่งเป็นสารตัวกลาง นอกจากนี้ putrescine อาจทำให้เกิดไนโตรซามีน ดังสมการ



ภาพที่ 2 แสดงกลไกการเกิดสารไนโตรซามีน (Gray, 1976; Bhamcha และคณะ, 1979)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 เนื้อหมูติดมัน

3.1.2 มันแข็ง

3.1.3 เกลือ

3.1.4 น้ำตาล

3.1.5 ผงเพรค ที่มีปริมาณโซเดียมไนไตรท์0.6 %

3.2 สารเคมี

3.2.1 Alpha-Napthylamine Ethylenediamine 2HCl (NED)

3.2.2 Sulfanilamind Reagent

3.2.3 Glacial acetic acid

3.2.4 Nitric Standard Solution

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.3.1 อุปกรณ์ผลิตกุนเชียง

3.3.1.1 เครื่องบดละเอียด

3.3.1.2 เครื่องบรรจุใส้

3.3.1.3 ตู้อบ Tray Dry

3.3.2 อุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างไนไตรท์

3.3.2.1 Spectrophotometer

3.3.2.2 Water bath

3.3.2.3 Blender

3.3.2.4 Hot Plate

3.3.2.5 กระดาษกรอง whatman เบอร์ 4

3.3.2.6 ชุดเครื่องกรอง (Suction)

3.3.2.7 เครื่องชั่งละเอียด

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ศึกษาปริมาณการตกค้างของสารไนไตร์ท ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ซื้อผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่วางจำหน่ายทั่วไปจำนวน 10 ยี่ห้อ นำมาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไนไตร์ทตามวิธีการของ AOAC 973.31 ดังแสดงในภาคผนวก

3.4.2 ศึกษาปริมาณการตกค้างของไนไตรท์ในกุนเชียงในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

3.4.2.1 วิธีการเตรียมตัวอย่างกุนเชียง

3.4.2.1.1 นำเนื้อหมูติดมันจำนวน 500 กรัม และมันหมูแข็ง 100 กรัม มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบด (ดังภาพที่ 2 และ 3)

3.4.2.1.2 นำส่วนผสมจากข้อ 3.4.2.1.1 มาคลุกด้วยเกลือ 10 กรัม และน้ำตาล 75 กรัม ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10-15 นาที (ดังภาพที่ 4 และ 5)

3.4.2.1.3 แบ่งส่วนผสมจากข้อ 3.4.2.1.2 เป็น 3 ส่วน เพื่อเติมผงเพรคซึ่งมีสารโซเดียมไนไตรท์อยู่ ร้อยละ 0.6

ส่วนที่ 1 เติมผงเพรค 16.7 กรัม เพื่อให้ได้โซเดียมไนไตร์ท 200 ppm ในส่วนผสมกุนเชียง

ส่วนที่ 2 เติมผงเพรค 25 กรัม เพื่อให้ได้โซเดียมไนไตร์ท 300 ppm ในส่วนผสมกุนเชียง

ส่วนที่ 3 เติมผงเพรค 33.3 กรัม เพื่อให้ได้โซเดียมไนไตร์ท 400 ppm ในส่วนผสมกุนเชียง

3.4.2.1.4 นำส่วนผสมจากข้อ 3.4.2.1.3 มาบรรจุในไส้เทียม ด้วยเครื่องบรรจุไส้ แล้วมัดเป็นปล้อง (ดังภาพที่ 6) และนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ประมาณ 4 ชั่วโมง (ดังภาพที่ 7)

3.4.2.1.5 นำผลิตภัณฑ์กุนเชียงจากข้อ 3.4.2.1.4 มาบรรจุในถุงพลาสติก PP ปิดปากถุงให้แน่น เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน

3.4.2.2 ศึกษาปริมาณไนไตรท์ก่อนและหลังการอบและในระหว่างการเก็บรักษา

ทำการเก็บตัวอย่างกุนเชียงก่อนการอบ และภายหลังการอบ และทุกๆ 3 วันของการเก็บรักษา นำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารไนไตร์ท ตามวิธีการของ AOAC 973.31 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.4.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำข้อมูลจากการศึกษาในข้อ 3.4.2 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) version 15 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่4

ผลการทดลอง

4.1. ปริมาณการตกค้างของสารไนไตร์ทในผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่จำหน่ายในท้องตลาด

จากตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่จำหน่ายตามท้องตลาด 10 ตัวอย่าง ตรวจพบปริมาณสารไนไตร์ท ตกค้าง ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่ากุนเชียงยี่ห้อ Tops ที่วางจำหน่ายใน Tops Supermarket สาขา หัวตะเข้มีปริมาณสารไนไตรท์คงเหลือในผลิตภัณฑ์มากที่สุด คือ 40.86 ppm ทั้งนี้เนื่องจากเพิ่งผลิตเพียง 40 วัน ทำให้ยังพบสารไนไตรท์ค้างในปริมาณที่มากกว่าตัวอย่างอื่นๆ ถัดมาคือลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ซื้อมาจากแม่ค้าเจ้าหนึ่งในตลาดหัวตะเข้ พบสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ 37.24 ppm สำหรับผลิตภัณฑ์กุนเชียงยี่ห้อ Tesco ที่ซื้อมาจาก Tesco Lotus Supermarket สาขา หัวตะเข้ พบสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ 32.29 ppm ส่วนตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงอีก 7 ตัวอย่างได้แก่ กุนเชียงที่ซื้อมาจากแม่ค้าเจ้าที่สองในตลาดสดหัวตะเข้ กุนเชียงยี่ห้อบ้านไผ่ที่ซื้อมาจาก Tesco Lotus Supermarket สาขา หัวตะเข้ กุนเชียงที่ซื้อมาจากตลาดปากน้ำ กุนเชียงยี่ห้อ N&N ที่ซื้อมาจาก Tesco Lotus Supermarket สาขา หัวตะเข้ กุนเชียงยี่ห้อเฮียเล็กที่ซื้อมาจากจังหวัดชลบุรี กุนเชียงยี่ห้อปึงที่ซื้อมาจากจังหวัดขอนแก่น กุนเชียงยี่ห้อเจ๊เล็กที่ซื้อมาจากจังหวัดชลบุรี พบสารไนไตร์ทในผลิตภัณฑ์ 24.71, 19.56, 15.75, 11.33, 8.23, 3.74 และ 3.69 ppm ตามลำดับ อย่างไรก็ตามตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่นำมาวิเคราะห์โดยซื้อมาจากท้องตลาดในหลายๆพื้นที่ มีปริมาณสารไนไตร์ทตกค้างไม่เกินจากเกณฑ์กำหนดของประกาศประทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 ซึ่งต้องไม่พบสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 125 ppm (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และจากการสังเกตพบว่าผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่มีลักษณะภายนอกแดงมาก จะมีปริมาณไนไตรท์ตกค้างในปริมาณมากด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ปริมาณสารไนไตรท์ตกค้างยังมีความสัมพันธ์กับวันที่ผลิตด้วย เพราะยิ่งผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่เพิ่งผลิตปริมาณสารไนไตรท์ยิ่งคงเหลืออยู่มาก

85432

ตารางที่ 1 ปริมาณสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่จำหน่ายในท้องตลาด

ยี่ห้อ/แหล่งจำหน่ายกุนเชียง	ปริมาณสารไนไตรท์ที่ตรวจพบ (ppm)
Tops/Tops Super Market	40.86
ไม่มียี่ห้อ 1/ตลาดหัวตะเข้	37.24
Tesco/Tesco Lotus	32.29
ไม่มียี่ห้อ 2/ตลาดหัวตะเข้	24.71
บ้านไผ่/ Tesco Lotus	19.56
ไม่มียี่ห้อ/ตลาดปากน้ำ	15.75
N&N/ Tesco Lotus	11.33
เฮียเล็ก/ชลบุรี	8.23
ปึง/ขอนแก่น	3.74
เจ๊เล็ก/ชลบุรี	3.69

4.2. ปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ในกุนเชียงตั้งแต่กระบวนการผลิต จนกระทั่งการเก็บรักษาที่อุณภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารไนไตรท์คงเหลือในผลิตภัณฑ์กุนเชียง โดยเก็บตัวอย่างของส่วนผสมกุนเชียงที่เติมสารโซเดียมไนไตรท์ในระดับความเข้มข้น 200, 300 และ400 ppm ก่อนนำส่วนผสมไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และในผลิตภัณฑ์กุนเชียงภายหลังการอบ และภายหลังการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน โดยนำตัวอย่างมาตรวจทุกๆ 3 วัน ผลแสดงดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4 พบว่าเมื่อเติมสารโซเดียมไนไตร์ทในส่วนผสมกุนเชียงที่ความเข้มข้น 200 ppm ก่อนการนำส่วนผสมไปอบ พบสารไนไตร์ทเพียง 100.88 ppm และภายหลังการอบปริมาณไนไตร์ทลดลงเหลือ 71.93 ppm หรือลดลงไปร้อยละ 28.70 จากปริมาณก่อนอบ และภายหลังการเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณไนไตร์ทในผลิตภัณฑ์ 36.42, 33.42, 39.83, 38.76 และ 24.24 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณลดลงจากภายหลังการอบ (การเก็บที่ 0 วัน) คิดเป็นร้อยละ 49.37, 53.54, 44.63, 46.11 และ 66.30 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยของร้อยละการลดลงของสารไนไตร์ทในผลิตภัณฑ์กุนเชียงในระหว่างการเก็บเป็นเวลา 15 วัน คือ ร้อยละ 51.97

ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์ในส่วนผสมเริ่มแรกปริมาณ 300 ppm พบว่าก่อนการนำส่วนผสมไปอบ มีปริมาณสารไนไตร์ท 145.59 ppm และภายหลังการอบปริมาณไนไตร์ทลดลงเหลือ 100.23 ppm หรือลดลงไปร้อยละ 31.15 จากปริมาณก่อนอบ และภายหลังการเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณไนไตร์ทในผลิตภัณฑ์ 58.06, 44.41, 52.83, 52.20 และ 37.64 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณลดลงจากภายหลังการอบ (การเก็บที่ 0 วัน) คิดเป็นร้อยละ 42.07, 55.69, 47.29, 48.10 และ 62.45 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยของร้อยละการลดลงของสารไนไตร์ทในผลิตภัณฑ์กุนเชียงในระหว่างการเก็บเป็นเวลา 15 วัน คือ ร้อยละ 51.12

ตารางที่ 2 ปริมาณสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงก่อนและภายหลังการอบ และในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

ขั้นตอน		ปริมาณการตกค้างของไนไตรท์จากปริมาณเริ่มต้นที่เติมลงไปในระดับ (ppm)		
		200	300	400
ก่อนการอบ		100.88	145.59	192.40
ภายหลังการอบที่ 65°C 4 ชั่วโมง		71.93	100.23	136.39
ระยะเวลาการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (วัน)	3	36.42	58.06	72.71
	6	33.42	44.41	62.38
	9	39.83	52.83	66.84
	12	38.76	52.20	79.87
	15	24.24	37.64	60.54

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

และในผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์ในส่วนผสมเริ่มแรกปริมาณ 400 ppm พบว่าก่อนการนำส่วนผสมไปอบ มีปริมาณสารไนไตร์ท 192.40 ppm และภายหลังการอบปริมาณไนไตร์ทลดลงเหลือ 136.39 ppm หรือลดลงไปร้อยละ 29.11 จากปริมาณก่อนอบ และภายหลังการเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน มีปริมาณไนไตร์ทในผลิตภัณฑ์ 72.71, 62.38, 66.84, 79.87 และ 60.54 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณลดลงจากภายหลังการอบ (การเก็บที่ 0 วัน) คิดเป็น

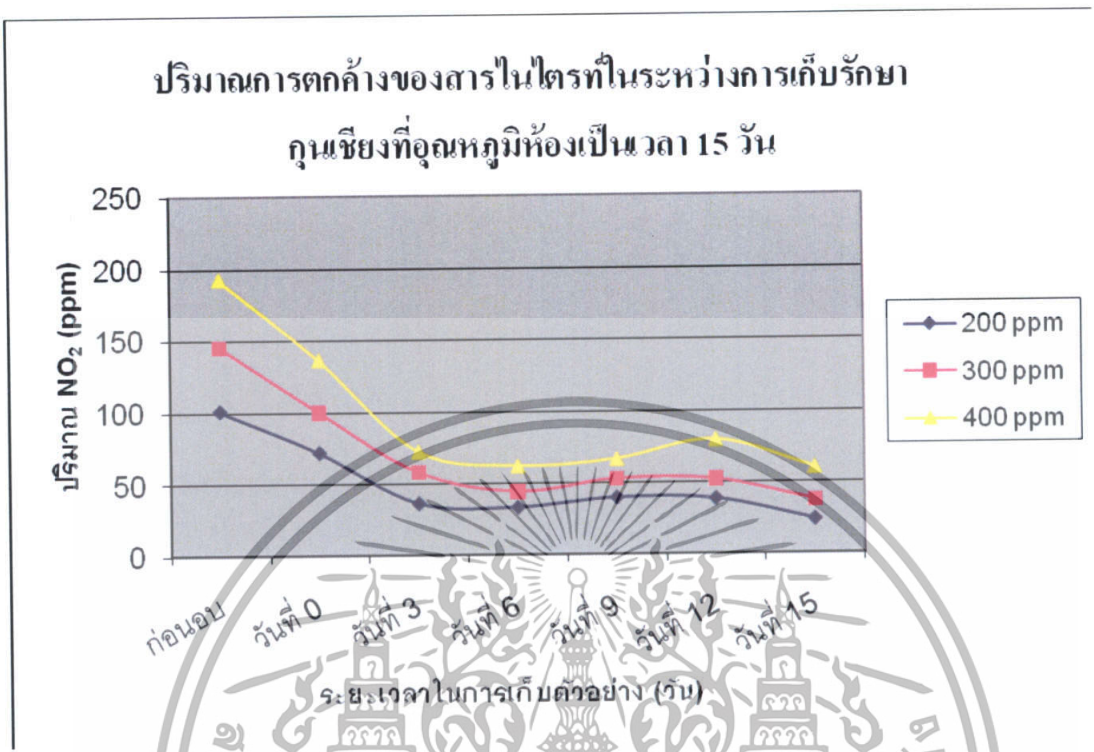
ร้อยละ 46.69, 54.26, 51.00, 41.44 และ 55.61 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยของร้อยละการลดลงของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงในระหว่างการเก็บเป็นเวลา 15 วัน คือ ร้อยละ 49.8

ตารางที่ 3 ร้อยละของปริมาณสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ลดลงก่อนและภายหลังการอบและในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

ขั้นตอน		ร้อยละของการลดลงของสารไนไตรท์ในแต่ละขั้นตอนจากปริมาณเริ่มต้นที่เติมลงไปในระดับ (ppm)		
		200	300	400
การลดลงภายหลังการอบเปรียบเทียบกับก่อนการอบ		28.70	31.15	29.11
ภายหลังการการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (วัน) เปรียบเทียบกับภายหลังการอบ(หรือวันที่ 0)	3	49.37	42.07	46.69
	6	53.54	55.69	54.26
	9	44.63	47.29	51.00
	12	46.11	48.10	41.44
	15	66.30	62.45	56.61
	เฉลี่ย	51.97	51.12	49.80

จากผลดังกล่าวจะเห็นว่าภายหลังการเติมสารไนไตรท์ลงในส่วนผสม ปริมาณไนไตรท์จะลดลง เนื่องจากสารไนไตรท์จะถูกรีดิวซ์ได้ไนตริกออกไซด์ ในการทำปฏิกิริยาไมโอโกลบิน ซึ่ง Cassens และคณะ (1968) กล่าวว่าจะลดไนไตรท์ลงไป 15 ppm นอกจากนี้ไนไตรท์อาจรวมได้กับพอร์พิรีน

และไนโตรโครมเล็กน้อย และยังถูกออกซิไดว์เป็นไนเตรท ซึ่งกรณีนี้จะพบมากเมื่อมีการใช้ไนไตรท์ในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังอาจเกิดปฏิกิริยา autooxidation ซึ่งทำให้เกิดไนเตรทและไนตริกออกไซด์ และไนโตรเจนด้วย และไนตริกออกไซด์อาจถูกออกซิไดซ์เป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ (Walter and Caselden , 1973) รวมทั้งสารไนไตรท์อาจรวมตัวกับ sulphydryl group และ cysteine เกิดเป็น S-nitrosocysteine และภายหลังการอบส่วนผสมกุนเชียงที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จะสามารถลดปริมาณของสารไนไตรท์ลงไปได้ประมาณร้อยละ 28-32 จากปริมาณก่อนการอบ ทั้งนี้สารประกอบไนไตร์ทที่ลดลงจะเปลี่ยนเป็นไนตริกออกไซด์(NO) ระหว่างการผสมร้อยละ 5 อยู่ในส่วนรงควัตถุ(Pigment)ร้อยละ 9-12 และจับกับโปรตีนในเนื้อสัตว์โดยพันธะไธโอไนโตรโซ (Thionitroso) เช่นเดียวกับในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงเป็นเวลา 15 วัน ปริมาณสารไนไตร์ทในผลิตภัณฑ์จะลดลงประมาณร้อยละ 50-52 ไม่ว่าจะเติมสารไนไตร์ทในปริมาณเริ่มต้นเท่าใดก็ตามโดยระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น แนวโน้มของปริมาณไนไตร์ทจะยิ่งลดลง เนื่องจาก Chemical reductants ทำให้ปริมาณสารประกอบไนไตร์ทที่ตกค้างจะยิ่งน้อยลง แต่บางส่วนของสารไนไตร์ทจะเปลี่ยนเป็นไนตรัสออกไซด์(N_2O) ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับสารที่เป็นเอมีน(Amine) และเอไมด์(Amind) ในร่างกายมนุษย์เกิดเป็นสารไนโตรซามีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่เป็นอันตราย



ภาพที่ 3 กราฟแสดงปริมาณสารไนไตรท์ที่คงเหลือในผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ระยะเวลาระหว่างกระบวนการผลิต จนถึงการเก็บรักษา 15 วัน มีผลต่อปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของสารไนไตรท์ที่ 200, 300 และ 400 ppm มีผลต่อปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นกัน รวมทั้งระยะเวลาระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน และระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของสารไนไตรท์ที่ 200, 300 และ 400 ppm มี Interaction ต่อกัน

บทที่5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาปริมาณการตกค้างของผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่มีจำหน่ายทั่วไป และศึกษาปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ในกุนเชียงตั้งแต่กระบวนการผลิต จนถึงการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน โดยทำการตรวจกุนเชียงทุกๆ 3 วัน พบว่าปริมาณไนไตร์ทที่ตกค้างในกุนเชียงที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดจำนวน 10 ตัวอย่าง มีปริมาณไม่เกินจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง กุนเชียง แต่อย่างไรก็ตามถ้าผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่มีปริมาณไนไตร์ทมากขึ้น ก็ยิ่งทำให้กุนเชียงมีสีแดงมากขึ้น

และในการศึกษาปริมาณของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง ที่เติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้น ในระดับความเข้มข้นต่างๆ ในระหว่างการผลิตและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน พบว่าในผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่มีการเติมโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm พบปริมาณสารไนไตรท์ในส่วนผสมก่อนการอบ หลังการอบที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และภายหลังการเก็บไว้ 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน เท่ากับ 100.88, 71.93, 36.42, 33.42, 39.83, 38.76 และ 24.24 ppm ตามลำดับ และในการเติมโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับความเข้มข้น 300 ppm ปริมาณไนไตรท์ที่ตกค้างเท่ากับ 145.59, 100.23, 58.06, 44.41, 52.20 และ 37.64 ppm ตามลำดับ ส่วนการเติมโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm ปริมาณไนไตรท์ที่ตกค้างเท่ากับ 192.40, 136.39, 72.71, 62.38, 66.84, 79.87 และ 60.54 ppm ตามลำดับ ซึ่งระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์ที่นานขึ้นปริมาณสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์จะยิ่งลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงของสี รวมทั้งเกิดการเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์ จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (auto oxidation) ของไขมัน

ข้อเสนอแนะ

ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงควรเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท และควรเก็บในอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

Cassen , R.G,M.L. Greaser, T. Ito and M. Lee. 1979. Reactions of nitrite in meat.

Food Technol. 33: 46. Monitoring nitrite and nitrate Residues in frankfurters

During processing and storage. **Meat Sci.** 44 (1-2): 65 – 73.

Farto and Hegeray 1971, Anylysis of nittrite and/or processed meats for N'nitros dimethylamine.

Fiddler, W., R.A. Gates, J.W. Pensabene, J.G. Phillips and E. Wierbicki. 1981.

Investigations on nitrosamines in irradiation-sterilized bacon. J. Agr. Food Chem.

29: 551-554.

Furia, T.E. 1972. CRC Handbook of Food Additive. 2d ed., The Chemical Rubber Co.,

Ohio. 998 p.

Gastelli and Neven 1972, Effect of Sodium nitrate and Sodium on botulinal toxin production and nitrosamine formation in weiners.Apply Microbiol,26:22-26

Gray, J.I. 1976. N-nitrosamines and their precursors in bacon : A review. J. Milk Food

Technol. 39: 686-689.

Gray, J.I. and C.L. Randall. 1979. The nitrite/N-nitrosamine problem in meats : an

update. J. Food Prot. 42:168-169.

Gray, J.I., S.K. reddy, J.F. Price, A. Mandagere and W.F. Welkens. 1982. Inhibition of

N-nitrosamines in Bacon. Food Technol. 36: 39-45.

Hadden, J.P., H.W. Ockerman, V.R. Cahill;N.A. Parrett and R.J. Dorton. 1975. Influence

of sodium nitrite on the chemical and organoleptic properties of comminuted pork. J. Food Sci. 40:626.

Krol, B. and B.J. Tinbergen. 1974. Proceedings of international symposium on nitrite in meat products.Center for Agricultural Publishing and Documentation., Netherlands.

Lawrie, R.A. 1975. Meat Science. 2nd ed. London: Pergamen Press Ltd.

MacDonale, B., J.I.Gray; D.W. Stanley and W.R. Usborne. 1980. The role of nitrite in cured meat flavor. I. Sensory analysis. J.Food SCI. 45:885.

Roger, R.W. 1974. A review of the nitrosamine problem in cured meats. Food Product Development. 8: 5, 44-53.

Sato, K. and G. R. Hegarty. 1971. Warmed – over flavor in cooked meats. J. **Food Sci.** 36: 1098 – 1102.

Silliker 1973,Preservation of refrigerated meats with controlled atmosgheres: Treatment and Post treatment effect of carbon dioxide on pork and beaf.Meat Science 1:195-204.

Wanslyke 1964,Sausage and snall Goods Production,London:Leonard Hill Books.

จิราพร รุ่งเกรียงไกร 2531. ผลของไนไตร์ทต่อ *Clostridium sporogenes.* ในผลิตภัณฑ์แฮม บรรจุกระป๋อง.วิทยานิพนธ์ระดับปริญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,กรุงเทพมหานคร. หน้า 45.

เยาวลักษณ์ สุรพันพิศิษฐ์. 2547. "เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์", โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก ก

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กุนเชียง

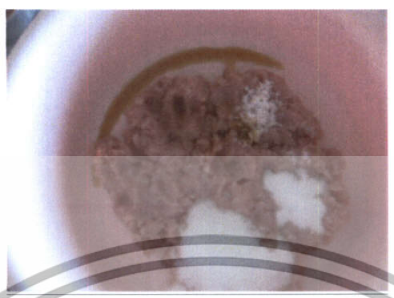
ขั้นตอนที่ 1 นำเนื้อหมูและมันแข็งมาหั่นเป็นสี่เหลี่ยม โดยชั่งน้ำหนักเนื้อหมู 500 g และมันแข็ง 100 g ตามลำดับ ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 4 และภาคผนวกที่ 5

ภาพภาคผนวกที่ 4 แสดงลักษณะการหั่นหมูที่หั่นเป็นชิ้นๆ

ภาพภาคผนวกที่ 5 แสดงลักษณะการหั่นมันแข็งที่หั่นเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขั้นตอนที่ 2 เตรียมส่วนผสมเกลือ 10 g น้ำตาล 75 g จากนั้นผสมส่วนผสมทั้งหมด นวดให้เข้ากัน ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 6 และภาพภาคผนวกที่ 7



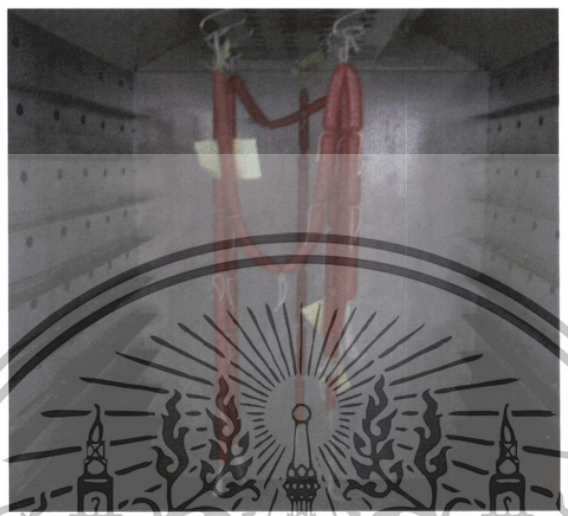
ภาพภาคผนวกที่ 6 แสดงส่วนผสมทั้งหมด จากนั้นเทส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน

ภาพภาคผนวกที่ 7 แสดงเนื้อที่นวดผสมให้เข้ากัน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที

ขั้นตอนที่ 3 นำเนื้อหมูที่หมักทิ้งไว้ครบ 15 นาทีแล้ว มาบรรจุไส้ด้วยเครื่องบรรจุไส้ ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 8

ภาพภาคผนวกที่ 8 แสดงการนำเนื้อหมูที่หมักได้ที่แล้วมาบรรจุไส้

<u>ขั้นตอนที่ 4</u> นำเนื้อหมูที่บรรจุไส้แล้วมาอบด้วยเครื่อง Tray dry ที่อุณหภูมิ 65 ° C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 9



ภาพภาคผนวกที่ 9 แสดงการนำผลิตภัณฑ์กุนเชียงอบในตู้อบลมร้อนที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่งโมง

หมายเหตุ : การบรรจุไส้

ไส้ ที่ใช้บรรจุมี 2ชนิดคือ

ไส้แท้ (natural casing) ได้จากส่วนลำไส้เล็กของสัตว์ เช่น แพะ แกะ สุกร และโค ซึ่งไส้ชนิดนี้ไม่ค่อยมีความสม่ำเสมอ แต่มีความเหนียวและควันไฟจับได้ง่าย

ไส้เทียม (artificial casing) ได้แก่

ไส้เทียมที่บริโภคไม่ได้ ทำจากใยสังเคราะห์ เช่น ใยฝ้าย (cellulosic casing) มีข้อดีคือ มีความสม่ำเสมอมากกว่าไส้แท้ มีหลายขนาดตามความต้องการ ไม่แตกง่าย สะอาด และป้องกันการเจือปนจากจุลินทรีย์ได้ดีกว่าไส้แท้

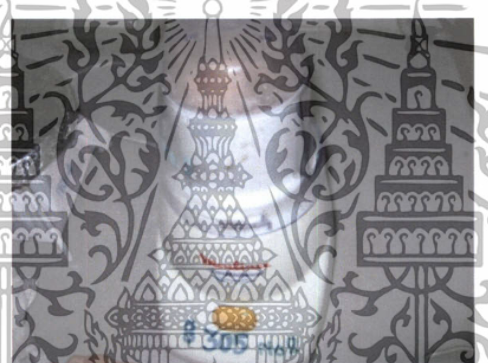
ไส้เทียมที่บริโภคได้ ทำจากคอลลาเจน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ได้เนื้อสัตว์ ส่วนเอ็น หนัง กระดูก ฯลฯ นำมาผ่านขบวนการต่าง

ภาคผนวก ข

วิธีการตรวจสอบและวิเคราะห์

ขั้นตอนของการวิเคราะห์

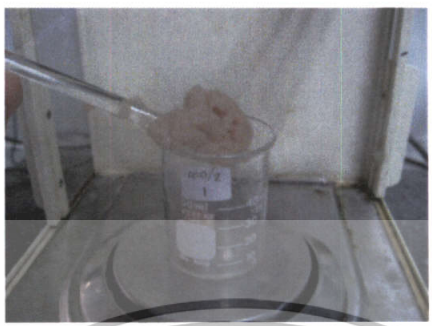
ขั้นตอนที่ 1 นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่เตรียมไว้ นำมาบดละเอียด (ตัวอย่าง:ผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่มีทั่วไปตามท้องตลาด หรือ ผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเอง) ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 10 และภาพภาคผนวกที่ 11



ภาพภาคผนวกที่ 10 แสดงการนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงมาบดละเอียดด้วยเครื่อง Blender ปั่นแห้ง

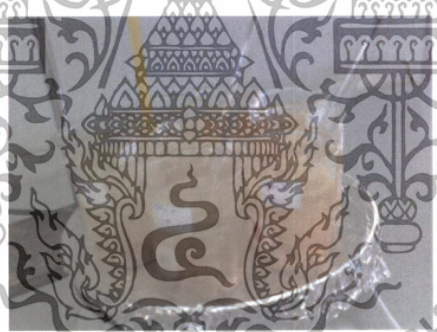
ภาพภาคผนวกที่ 11 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่บดละเอียดแล้ว

ขั้นตอนที่ 2 นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่บดละเอียดแล้วชั่ง 5 g ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 12



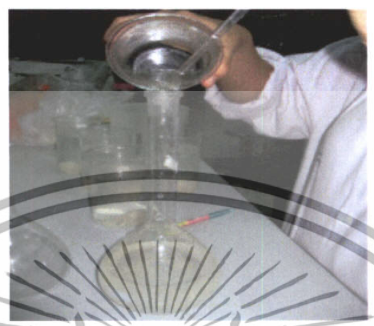
ภาพภาคผนวกที่ 12 แสดงการชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่บดละเอียดแล้วน้ำหนัก 5 กรัมด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง

ขั้นตอนที่ 3 นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงมาต้มบน hot plate จนมีอุณหภูมิ 80 °C และคนตัวอย่างตลอดเวลา ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 13



ภาพภาคผนวกที่ 13 แสดงการต้มตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงบน hot plate จนได้อุณหภูมิ 80°C จากนั้นนำมาเติมน้ำร้อนจำนวน 300 มิลลิลิตร แล้วไปวางบน water bath ที่มีอุณหภูมิ 80°C นาน 2 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 4 นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ต้มใน water bath ครบ 2ชั่วโมงแล้ว นำมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำมาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร 500 ml จากนั้นนำไปกรองจนได้สารละลายใส ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่14 และภาพภาคผนวกที่ 15



ภาพภาคผนวกที่ 14 แสดงการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ในขวดปรับปริมาตร 250 มิลลิลิตร

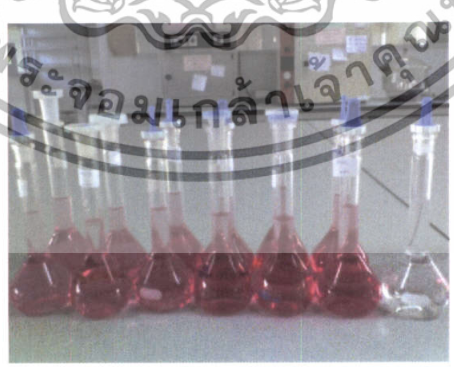
ภาพภาคผนวกที่ 15 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่นำไปกรองแล้ว จนได้สารละลายใส จากภาพเป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเอง ที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm (จากซ้าย ไปขวา ตามลำดับ)

ขั้นตอนที่ 5 ปิเปต (pipette) สารละลายใสของตัวอย่างที่ได้จากการกรอง 20 ml ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 ml เติม Sulfanilamide Raegent 2.5 ml ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 15 นาที และเติมNED 2.5 ml ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที ปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 538 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 16 ถึง ภาพภาคผนวกที่

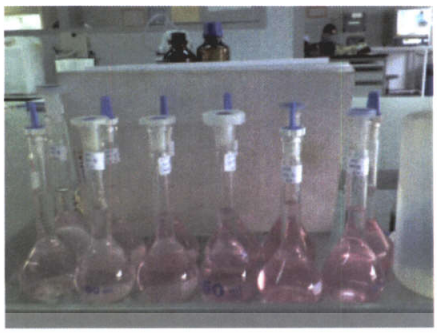
วัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ 538 nm

ตัวอย่าง : กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเอง ตั้งแต่วันที่ 0 - 15 โดยสุ่มตรวจทุกๆ 3วัน ได้ผลดังนี้

ภาพภาคผนวกที่ 16 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเองที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm โดยสุ่มตรวจในวันที่ 0



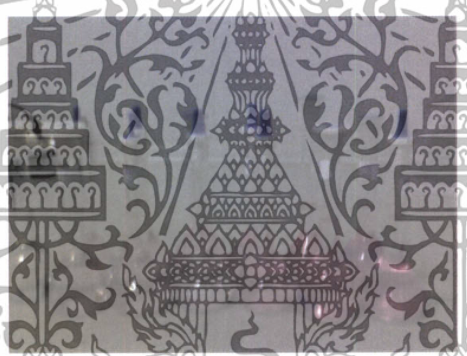
ภาพภาคผนวกที่ 17 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเองที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm โดยสุ่มตรวจในวันที่ 3



ภาพภาคผนวกที่ 18 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเองที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm โดยสุ่มตรวจในวันที่ 6

ภาพภาคผนวกที่ 19 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเองที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm โดยสุ่มตรวจในวันที่ 9

ภาพภาคผนวกที่ 20 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเองที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm โดยสุ่มตรวจในวันที่ 12



ภาพภาคผนวกที่ 21 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตขึ้นเองที่มีการเติมสารโซเดียมไนไตรท์เริ่มต้นที่ 200, 300 และ 400 ppm โดยสุ่มตรวจในวันที่ 15

ภาคผนวก ค

การเตรียมสารเคมีในการทดลอง

1. การเตรียมสารเคมีในการทดลอง

1.1. Alpha- Napthylamine Ethylenediamine 2HCl (NED) ละลาย 0.2 กรัม N-(-1-Naphtyl) ethylenediamine 2 HCl ลงใน 150 มิลลิลิตร ของ 15% (V/V) glacial acetic acid และเก็บในขวดสีชา (HOAC : 22 ml CH_3COCIH + 128 ml H_2O) (ทดลองตามวิธีของ AOAC 973.31)

1.2. Sulfanilamind Reagent ละลาย 0.5 กรัม ใน 150 มิลลิลิตร ของ 15% (V/V) glacial acetic acid และเก็บในขวดสีชา (HOAC : 22 ml CH_3COCIH + 128 ml H_2O) (ทดลองตามวิธีของ AOAC 973.31)

1.3. การเตรียม Nitrite Standard Solution (ทดลองตามวิธีของ AOAC 973.31)

1.3.1 Stock Solution : ละลาย 1.00 กรัม $NaNO_2$ ลงในน้ำกลั่น แล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร ในขวดวัดปริมาตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 1000 ppm

1.3.2. Intermediate Solution : ใช้ปิเปตดูดละลาย Nitrite จาก Stock Solution มา 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 100 ppm

1.3.3. Working Solution : ใช้ปิเปตดูดละลาย Nitrite จาก Intermediate Solution มา 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 10 ppm

2. วิธีการเตรียม Standard Curve (AOAC973.31)

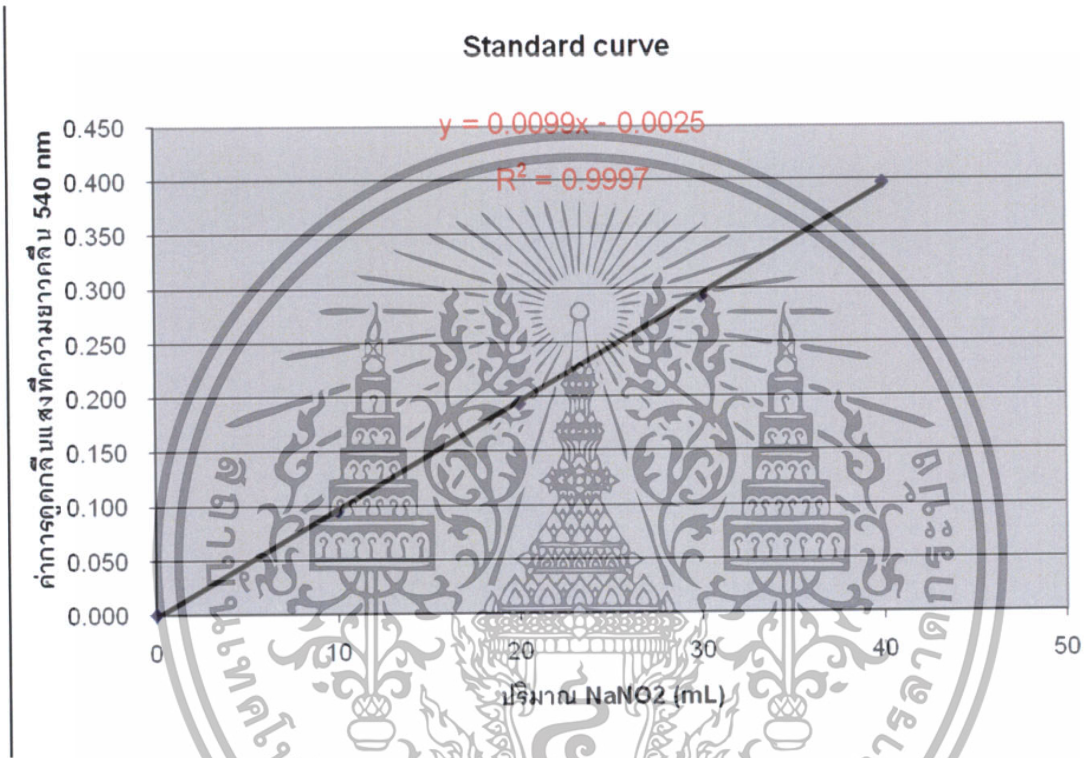
2.1 ปิเปต $NaNO_2$ 0, 10, 20 และ40 มิลลิลิตร

2.2 เติม Sulfanilamind 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 5 นาที

2.3 เติม NED 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปรับปริมาตร เป็น 50 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 15 นาที

2.4 เตรียม Blank โดยเติมสารละลาย Sulfanilamind และสารละลาย NED อย่างละ 2.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 50 มิลลิลิตร

2.5 นำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยใช้ Blank ปรับให้เท่ากับ 0



ภาพที่ 22 กราฟของ STANDARD CURVE

3. วิธีการเตรียมตัวอย่างตรวจวิเคราะห์ไนไตร์ท (AOAC 973.31)

3.1 บดละเอียดตัวอย่างแล้วชั่งมา 5 กรัม

3.2 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 40 มิลลิลิตร ต้มใน Hot plateจนอุณหภูมิถึง 80°C คนให้เข้ากัน

3.3 เติมน้ำร้อน 80°C ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ปิดด้วยกระจกนาฬิกาหรือพลาสติก

3.4 นำไปให้ความร้อนด้วยไอน้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยคนทุกๆ 10 นาที

3.5 ทำให้เย็น แล้วปรับปริมาตร ด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 500 มิลลิลิตร

3.6 กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ด้วย (กรองด้วย Suction)

3.7 ปิเปตตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร ทำเหมือนวิธีการเตรียม Standard Curve

4. วิธีการใช้เครื่อง Spectrophotometer

4.1 กดปุ่ม Power เปิดเครื่อง

4.2 รอเครื่อง Run ข้อมูล

4.3 กดปุ่ม set ค่าความยาวคลื่นที่ต้องการวัด(ที่ต้องการ 540)

4.4 ใส่ Blank ลงในคิวเวต เช็ดให้แห้ง ใส่คิวเวตลงในเครื่องช่อง B กด ENTER

4.5 set ค่า measure ให้เป็น 0 เพื่อปรับมาตรฐานเครื่อง

4.6 วัดค่า Absorbance ของตัวอย่างอื่นต่อไป

5. วิธีการคำนวณหาปริมาณไนไตร์ท (ppm)

$$NO2\ (ppm) = \frac{xa}{mv}$$

x = ปริมาณน้ำกลั่นทั้งหมดที่ใช้สกัด หน่วยเป็นมิลลิลิตร

a = ค่าความเข้มข้นของไนไตรท์ที่ได้จากเครื่อง spectrophotometer หน่วยเป็นมิลลิกรัม หรือไมโครกรัม

m = ปริมาณตัวอย่างที่นำมาสกัด หน่วยเป็นกรัม

v = ปริมาณของสารสกัดที่ใช้ในการพัฒนาสีเพื่อนำไปวัดค่า absorbance โดยเครื่อง spectrophotometer หน่วยเป็นมิลลิลิตร

ภาคผนวก ง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

กุนเชียงหมู

1.ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะกุนเชียงที่ทำจากเนื้อหมู

2.บทนิยาม ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 กุนเชียงหมู หมายถึง ไส้กรอกชนิดหนึ่งทำจากเนื้อหมูและมันหมู ที่นำมาบดหยาบแล้วผสมเครื่องปรุง

เช่น น้ำตาล เกลือ และส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม เช่น เครื่องเทศและสมุนไพร ซีอิ๊ว นำไปบรรจุไส้ โดยอาจหมักก่อนบรรจุหรือไม่ก็ได้ แล้วทำให้แห้ง

2.2 ไส้ หมายถึง ไส้ธรรมชาติ เช่น ไส้หมู ไส้แพะ ไส้แกะ ที่ทำความสะอาดและเก็บรักษาอย่างถูกสุขลักษณะ

3.คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน และมีขนาดใกล้เคียงกัน

3.2 ลักษณะเนื้อ

ต้องแน่น คงรูป มีความนุ่มพอเหมาะ เนื้อหมูและมันหมูผสมกันอย่างทั่วถึง ไม่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน

3.3 สี

ต้องมีสีดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอตลอดชิ้น ไม่มีสีผิดปกติ เช่น ซีด เขียงคล้ำ ดำ หรือมีรอยไหม้

3.4 กลิ่นและรส

ต้องมีกลิ่นและรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นและรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน เหม็นบูด ขม เปรี้ยว

3.5 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน กรวด ทราย ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ เช่น แมลง หนู นก

3.6 วัตถุเจือปนอาหาร

หากมีการใช้วัตถุเจือปนอาหาร ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กำหนดต่อไปนี้

3.6.1 โซเดียมไนเทรตหรือโพแทสเซียมไนเทรต (คำนวณเป็นโวเดียมไนเทรต) ต้องไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือโซเดียมไนไตร์ท หรือโพแทสเซียมไนไทรต์ (คำนวณเป็นโซเดียมไนไตร์ท) ต้องไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.6.2 ฟอสเฟตในรูปของโมโน – ได – และโพลิของเกลือโซเดียมหรือโพแทสเซียม อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน (คำนวณเป็น P_2O_5 จากฟอสฟอรัสทั้งหมด) ต้องไม่เกิน 3000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.6.3 เกลือซอร์เบต ต้องไม่เกินร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก

3.7 จุลินทรีย์

3.7.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^5 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.7.2 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4.สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษระในการทำกุนเชียงหมู ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

5.การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุกุนเชียงหมูในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ผนึกได้เรียบร้อย และสมารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

5.2 น้ำหนักสุทธิของกุนเชียงหมูในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุกุนเชียงหมูทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น กุนเชียงหมู กุนเชียงหมูสมุนไพร

(2) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

(3) น้ำหนักสุทธิ

(4) วัน เดือน ปีที่ทำ และเดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า " ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี) "

(5) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ในระหว่างการเก็บรักษากุนเชียงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

ตาราง SPSS

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมด แต่ละปัจจัย

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
shelf life (days)	1.00	Before	9
	2.00	0 days	9
	3.00	3 days	9
	4.00	6 days	9
	5.00	9 days	9
	6.00	12 days	9
	7.00	15 days	9
concentration of nitrite (ppm)	1.00	200 ppm	21
	2.00	300 ppm	21
	3.00	400 ppm	21

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ในระหว่างการเก็บรักษากุนเชียงที่อุณหภูมิ

ห้องเป็นเวลา 15 วัน

Descriptive Statistics

Dependent Variable: residual nitrite (ppm)

shelf life (days)	concentration of nitrite (ppm)	Mean	Std. Deviation	N
before	200 ppm	100.87667	8.682704	3
	300 ppm	145.59000	15.372066	3
	400 ppm	192.40533	19.597211	3
	Total	146.29067	41.773100	9
0 days	200 ppm	71.93333	4.152397	3
	300 ppm	100.23000	3.134721	3
	400 ppm	136.39533	3.361172	3
	Total	102.85289	28.152964	9
3 days	200 ppm	36.42100	6.086511	3
	300 ppm	58.06100	13.218721	3
	400 ppm	72.71167	1.804826	3
	Total	55.73122	17.428494	9
6 days	200 ppm	33.41933	12.132459	3
	300 ppm	43.41133	9.681134	3
	400 ppm	62.38200	3.414994	3
	Total	46.40422	15.015527	9
9 days	200 ppm	39.82800	8.691622	3
	300 ppm	52.82767	10.036695	3
	400 ppm	66.83633	12.361820	3
	Total	53.16400	14.802333	9
12 days	200 ppm	38.76067	10.546734	3
	300 ppm	55.52900	8.580172	3
	400 ppm	79.86567	7.557140	3

	Total	58.05178	19.516013	9
15 days	200 ppm	24.45667	1.055195	3
	300 ppm	37.64167	2.517825	3
	400 ppm	60.53567	5.188070	3
	Total	40.87800	16.079535	9
Total	200 ppm	49.38510	26.603378	21
	300 ppm	70.47010	37.730355	21
	400 ppm	95.87600	48.059558	21
	Total	71.91040	42.422777	63

ตารางภาคผนวกที่ 3 ตาราง ANOVA ที่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติของแต่ละปัจจัย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: residual nitrite (ppm)

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	107966.594(a)	20	5398.330	62.731	.000
Intercept	325779.626	1	325779.626	3785.717	.000
Day	80178.222	6	13363.037	155.285	.000
Ppm	22760.090	2	11380.045	132.242	.000
day * ppm	5028.282	12	419.024	4.869	.000
Error	3614.308	42	86.055		
Total	437360.528	63			
Corrected Total	111580.902	62			

a R Squared = .968 (Adjusted R Squared = .952)

สมมุติฐาน

H 0 ,1 : ระยะเวลาระหว่างกระบวนการผลิต จนถึงการเก็บรักษา 15 วัน ไม่มีผลต่อปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์

H 1,1 : ระยะเวลาระหว่างกระบวนการผลิต จนถึงการเก็บรักษา 15 วัน มีผลต่อปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์

H 0,2 : ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของสารไนไตรท์ที่ 200 , 300 และ 400 ppm ไม่มีผลต่อปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์

H 1,2 : ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของสารไนไตรท์ที่ 200 , 300 และ 400 ppm มีผลต่อปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์

H 0,3 : ระยะเวลาระหว่างกระบวนการผลิต จนถึงการเก็บรักษา 15 วัน และ ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของสารไนไตรท์ที่ 200 , 300 และ 400 ppm ไม่มี Interaction ต่อกัน

H1,3 : ระยะเวลาระหว่างกระบวนการผลิต จนถึงการเก็บรักษา 15 วัน และ ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของสารไนไตรท์ที่ 200 , 300 และ 400 ppm มี Interaction ต่อกัน

พิจารณาค่า Sig. ของ F

day : Sig. (0.000) < α (0.05) → ดังนั้น ปฏิเสธ $H_{0;1}$

ppm : Sig. (0.000) < α (0.05) → ดังนั้น ปฏิเสธ $H_{0;2}$

day *ppm : Sig. (0.000) < α (0.05) → ดังนั้น ปฏิเสธ $H_{0;3}$

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ของกระบวนการผลิตและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กุนเชียง ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน (DUNCAN)

residual nitrite (ppm)

Duncan

shelf life (days)	N	Subset				
	1	2	3	4	5	1
15 days	9	40.87800				
6 days	9	46.40422	46.40422			
9 days	9		53.16400	53.16400		
3 days	9			55.73122		
12 days	9			58.05178		
0 days	9				102.85289	
Before	9					146.29067
Sig.		.213	.130	.299	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 86.055.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b Alpha = .05.

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของสารไนไตรท์ที่ 200 , 300 และ 400 ppm ของผลิตภัณฑ์กุนเชียง (DUNCAN)

residual nitrite (ppm)

Duncan

concentration of nitrite (ppm)	N	Subset		
	1	2	3	1
200 ppm	21	49.38510		
300 ppm	21		70.47010	
400 ppm	21			95.87600
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 86.055.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 21.000.

b Alpha = .05.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสมปรารถนนา เจริญสุข เกิดเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดแพร่ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ ปีการศึกษา 2546และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2550 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ 288 ม. 10 ต. วังชิ้น อ.วังชิ้น จ.แพร่ 54160 (085-8126250)

นางสาวสุนิษา ยั่งยืน เกิดเมื่อวันที่ 28 มกราคม พ.ศ. 2529 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ ปีการศึกษา 2546 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2550 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ 67/1 หมู่9 ซอยอุดมเดช ถนนสขุมวิท ตำบลบางเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ (02-3831630)