สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

เรื่อง
การศึกษาไนเตรตและไนไตรต์ในไส้กรอก
The study of nitrate and nitrite remain in sausage

โดย
นายสมจิตร์ ฤทธิ์รุ่ง

(อาจารย์ลักขณา อมรสิน)
ประธานกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ. ดร. วรเดช จันทรสร)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
วันที่ 10 เดือน พฤ พ.ศ. 2542

ปพ.
ส236ก
2542
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 32918
วัน, เดือน, ปี 18 มิ.ย. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : The study of nitrate and nitrite remain in sausage

By : Somjit Ritrung

Degree : Bachelor of Sciences (Agricultural)

Major : Plant Pest Management Technology

Chairman Project Adviser : Luckana Amonsin

LUCKANA AMONSIN

7 / 5 / 1999

Abstract

The study of nitrate and nitrite remain in 6 brands sausage, such as Thai sausage factory, CP., Mr. Sausage, Bangkok ham, Bangkok german and which produced by Department of Animal Sciences Technology are found that the quantity of nitrate are 361.67, 571.33, 602.38, 381.34, 396.49 and 850.29 mg / kg respectively and nitrite are 7.43, 16.84, 28.64, 28.64, 25.24 and 49.63 mg / kg respectively. Maximum nitrate and nitrite are found in sausage which produced by Department of Animal Sciences Technology and the minimum are found in Thai sausage factory. Nitrite in Bangkok ham and Mr. Sausage are higher than CP., Thai sausage factory and Bangkok german and are significant at P = 0.05, but are lower than sausage which produced by Department of Animal Sciences Technology and are significant at P = 0.05. Nitrate in Mr. Sausage and CP. are higher than Bangkok german, Bangkok ham and Thai sausage factory and are significant at P = 0.05, but lower than sausage which produced by Department of Animal Sciences Technology and are significant at P = 0.05. The difference nitrate in Bangkok ham, Bangkok german and Thai sausage factory have not significance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง : การศึกษาไนเตรตและไนไตรต์ในไส้กรอก

โดย : นายสมจิตร์ ฤทธิ์รุ่ง

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

สาขาวิชา : เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ประธานกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนักศึกษา : _____

(ลักขณา อมรสิน)

7 / 5 / 2542

บทคัดย่อ

การศึกษาไนเตรตและไนไตรต์ ในไส้กรอก 6 ยี่ห้อ คือ หมู 2 ตัว ซีพี มิสเตอร์ซอสเซส บางกอกแฮม บางกอกเยอรมัน และที่ผลิตโดยภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พบปริมาณไนเตรต 361.67, 571.33, 602.38, 381.34, 396.49 และ 850.29 มิลลิกรัม / กิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณไนไตรต์ 7.43, 16.84, 28.64, 28.64, 25.24 และ 49.63 มิลลิกรัม / กิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในไส้กรอกที่ผลิตโดยภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์จะสูงสุด และยี่ห้อหมู 2 ตัว จะต่ำสุด โดยไนเตรตและไนไตรต์ในยี่ห้อบางกอกแฮมและมิสเตอร์ซอสเซส มีปริมาณไนไตรต์สูงกว่า ยี่ห้อบางกอกเยอรมัน ซีพีและ หมู 2 ตัว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ต่ำกว่าไส้กรอกที่ผลิตโดยภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนปริมาณไนเตรตในไส้กรอกยี่ห้อ ซีพี และมิสเตอร์ซอสเซส จะสูงกว่าไส้กรอกยี่ห้อบางกอกเยอรมัน บางกอกแฮม และหมู 2 ตัว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ต่ำกว่าไส้กรอกที่ผลิตโดยภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้ปริมาณไนเตรตในยี่ห้อบางกอกเยอรมัน บางกอกแฮม และหมู 2 ตัว ต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ลักขณา อมรสิน ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จด้วยดีและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณวีระณีย์ ศรีพรมสุข และคุณจรงศักดิ์ พุ่มนวน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการพิษวิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งเพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ และความช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ เป็นอย่างสูง ที่เป็นผู้ให้กำเนิดและให้กำลังใจ รวมไปถึงทุนทรัพย์จนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สมจิตร์ ฤทธิ์รุ่ง

พฤษภาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(I)
สารบัญรูป	(II)
สารบัญภาคผนวก	(III)
คำนำ	1
ตรวจเอกสาร	
■ วัตถุประสงค์ของการเติมสารประกอบไนเตรตและไนไตรต์	2
■ การเกิดสี	2
■ ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ที่เหมาะสมในการใช้	5
■ พิษของไนเตรตและไนไตรต์	5
■ สาเหตุของอาการ Methemoglobinemia	6
■ ผลต่อสุขภาพด้านอื่น ๆ	6
■ การเกิดสาร Nitrosamine	7
อุปกรณ์และวิธีการ	9
ผลการทดลอง	16
วิจารณ์ผลการทดลอง	16
สรุปผลการทดลอง	21
ข้อเสนอแนะ	21
บรรณานุกรม	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1. แสดงค่าไนเตรตและไนไตรต์ในไส้กรอก 6 ยี่ห้อ 17

ตารางที่ 2. แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติของไนไตรต์ในไส้กรอก 6 ยี่ห้อ 19

ตารางที่ 3. แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติของไนเตรตในไส้กรอก 6 ยี่ห้อ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1	แสดงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของ myoglobin ที่อาจจะเกิดขึ้นขณะที่มี NO อยู่ด้วย	4
รูปที่ 2	แสดงกราฟเส้นตรงของสารละลายมาตรฐานไนเตรต	15
รูปที่ 3	แสดงกราฟเส้นตรงของสารละลายมาตรฐานไนไตรต์	15
รูปที่ 4	กราฟแสดงเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ของไส้กรอก 6 ยี่ห้อ	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

หน้า

ตารางที่ 1. การวิเคราะห์หาความแปรปรวนของปริมาณไนเตรต
จากไส้กรอก 6 ยี่ห้อ 23

ตารางที่ 2. การวิเคราะห์หาความแปรปรวนของปริมาณไนไตรต์
จากไส้กรอก 6 ยี่ห้อ 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ไนเตรตและไนไตรต์เป็นสารกันบูดที่มีผู้ใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งอย่างถูกต้องและไม่ถูกต้อง สารกันเสียกลุ่มนี้ นอกจากมีฤทธิ์ป้องกันการเน่าเสียของอาหารแล้ว ยังมีคุณสมบัติทำให้เนื้อสัตว์มีสีแดงเหมือนเนื้อสด เพราะสารนี้สามารถรวมกับ "ฮีม" ได้สารสีแดง ทำให้พ่อค้า แม่ค้าบางรายที่ต้องการบิดบังคุณภาพสินค้า เติมสารนี้ลงไปในเนื้อสัตว์เพื่อให้มีสีแดงเหมือนเนื้อใหม่ และบางรายเข้าใจผิดคิดว่ายิ่งใส่ปริมาณมากเท่าไหร่ เนื้อก็จะยิ่งแดงมากขึ้น ความจริงแล้วเกลือไนเตรตหรือที่เรียกตามภาษาชาวบ้านว่า "ดินประสิว" เพียง 20 - 50 มิลลิกรัม ก็สามารถที่จะทำให้เนื้อสัตว์ 1 กิโลกรัม มีสีแดงเพียงพอแล้ว ผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมใช้สารกลุ่มนี้เป็นสารกันเสียได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ที่พบมากได้แก่ เนื้อเค็ม ปลาเค็ม หมูยอ กุนเชียง ปลาร้า แฮม เบคอน และไส้กรอกชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้ยังพบว่ามีการใส่ในผักดองชนิดต่าง ๆ ด้วย แต่ที่น่าเป็นห่วงก็คือ การใส่สารเหล่านี้ในเนื้อสดต่าง ๆ ที่ขายในท้องตลาด เพื่อให้มีสีแดงสดน่ารับประทาน มีผู้สำรวจพบไนเตรตหรือดินประสิวในเนื้อเค็มสูงถึง 30,000 มิลลิกรัม และไนไตรต์สูงถึง 1,799 มิลลิกรัม ในเนื้อหนัก 1 กิโลกรัม ทั้ง ๆ ที่คณะกรรมการอาหารและยาอนุญาตให้ใช้โซเดียมไนเตรต หรือโปแทสเซียมไนเตรต ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม ต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม และให้ใช้โซเดียมไนไตรต์ หรือโปแทสเซียมไนไตรต์ ได้ไม่เกิน 125 มิลลิกรัม ต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

• วัตถุประสงค์ของการเติมสารประกอบไนเตรตและไนไตรต์

1. ช่วยเพิ่มรสชาติ (taste) และกลิ่นรส (flavor) แก่ผลิตภัณฑ์ ทำให้มีกลิ่นเฉพาะตัว เป็นที่ยอมรับสำหรับผู้บริโภคมากกว่าการใช้เกลือในการหมักเนื้อเพียงอย่างเดียว

2. ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และป้องกันการงอกของสปอร์ของแบคทีเรีย Clostridium botolinum ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจน (anaerobic bacteria) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ในขณะที่เชื้อ Clostridium botolinum เจริญเติบโตจะสร้างสารพิษโบทูลิน (botulin) หรือ โบทูลินัสทอกซิน (botulinus toxin) ขึ้น ซึ่งโบทูลินสามารถถูกทำลายได้เมื่อต้มที่อุณหภูมิ 100°C นาน 1 นาที หรือ 80° C นาน 10 นาที

3. ช่วยยับยั้งการหืนของไขมัน ในผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยไปยับยั้งปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (oxidative rancidity)

4. ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมีสีแดง และรักษาสีแดงของผลิตภัณฑ์ทำให้มีความน่ารับประทานเพิ่มขึ้น

• การเกิดสี (Color development)

การเกิดสีในไส้กรอก เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างใช้ไนเตรตหรือไนไตรต์ที่ผสมลงไปกับเนื้อ ทำให้เนื้อมีสีสดขึ้น และสีที่เกิดขึ้นแล้วนี้ เมื่อนำเนื้อมาต้มสีจะไม่เปลี่ยน ไนเตรตเป็นตัวสำคัญที่ช่วยในการเกิดสีของไส้กรอก สีที่เกิดขึ้นเนื่องจากไนเตรตและไนไตรต์เปลี่ยนไปเป็น nitric oxide ได้โดยขบวนการของจุลินทรีย์ตามขบวนการต่อไปนี้

แบคทีเรียที่รีดิวซ์ไนเตรตได้

1. NO_3^- ----------> NO_2^-

ไนเตรต ดึงออกซิเจนออกไป ไนไตรต์

แบคทีเรียพวกที่ผลิตกรดแลกติก

2. $NO_2^- + H^+$ ----------> HNO_2

ไนไตรต์ ไฮโดรเจน กรดไนตรัส

สลายตัว

3. $2HNO_2$ ----------> $2NO + H_2O$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพเหมาะสม

4. Mb ----------> MMb

ไมโอโกลบิน เสียอิเล็กตรอน เมทไมโอโกลบิน

สภาพเหมาะสม

5. MMb + NO ----------> NOMb

เมทไมโอโกลบิน ได้รับอิเล็กตรอน ไนโตรโซไมโอโกลบิน

ความร้อนในการอบ

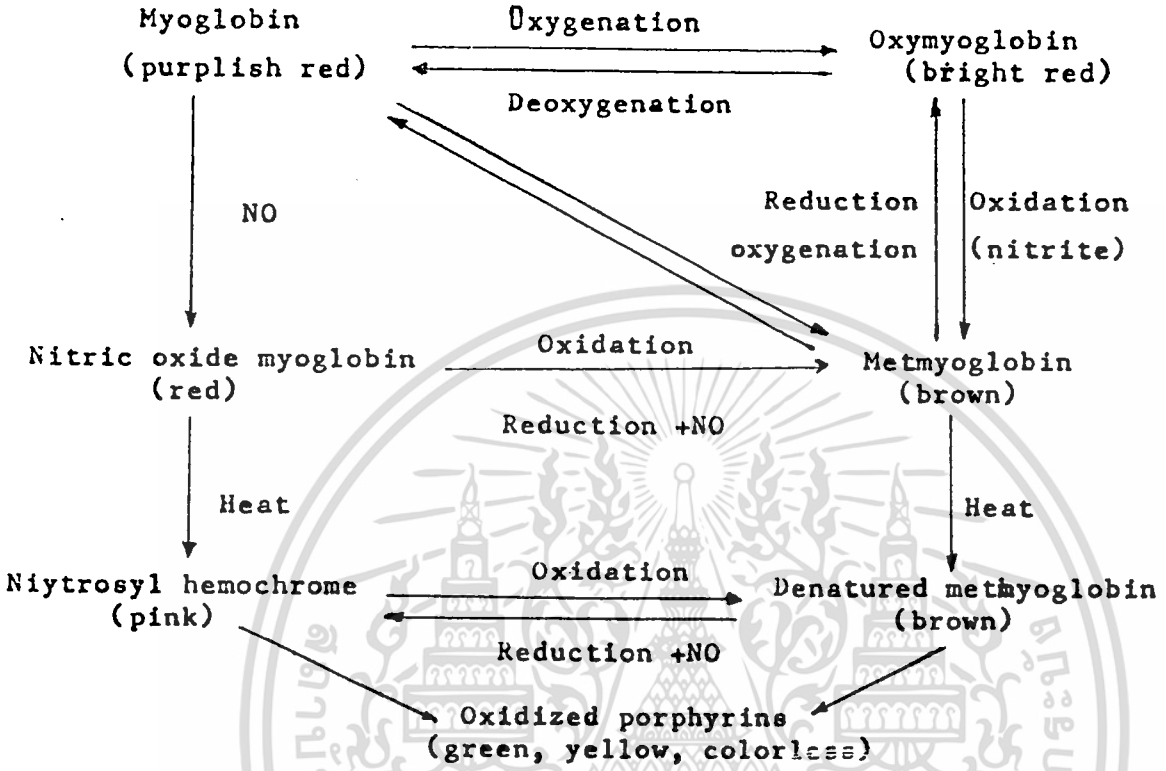
6. NOMb ----------> NO - Hemochrome

ไนโตรโซไมโอโกลบิน และการรมควัน ไนโตรโซฮีโมโครม

(สารให้สีชมพูคงตัว)

การใช้สารพวกไนเตรตและไนไตรต์ แต่เดิมใช้เฉพาะดินประสิว ซึ่งให้เกลือไนเตรต ต่อมาพบว่า การแตกตัวของไนเตรตให้ไนตริกออกไซด์ช้ามาก และต้องอาศัยจุลินทรีย์บางชนิดในเนื้อสัตว์ช่วยให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีแดง ต้องใช้เวลานานในกระบวนการผลิต การใช้ไนเตรตและไนไตรต์ร่วมกันมีผลต่อการเร่งการแตกตัวของไนเตรต ทำให้เกิดการแตกตัวของไนตริกออกไซด์เร็วขึ้นและมากขึ้น จึงทำให้เกิดสีเร็วและมีไนเตรตเหลือตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของ myoglobin ที่อาจจะเกิดขึ้นขณะที่มี NO อยู่ด้วย

ที่มา : สุมาลี เหลืองสกุล. 2527. จุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร. หน้า 249 - 267

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ที่เหมาะสมในการใช้

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 20 (2517) อนุญาตให้ใช้ไนเตรตได้ในปริมาณที่ไม่เกิน 500 ส่วนในล้านส่วน (โดยคิดคำนวณเป็นโซเดียมไนเตรต) และไนไตรต์ให้ใช้ได้ในปริมาณที่ไม่เกิน 125 ส่วนในล้านส่วน (โดยคิดคำนวณเป็นโซเดียมไนไตรต์)

สำหรับ Federal meat inspection regulation ของสหรัฐอเมริกา อนุญาตให้ใช้ไนเตรตและไนไตรต์ ดังนี้

ก. การใช้ไนเตรต ในน้ำหมักให้ใช้ได้ 7 ปอนด์ ต่อ 100 แกลลอน

สำหรับเนื้อสัตว์ที่หมักแบบแห้ง ใช้ไนเตรต 3 ออนซ์ ต่อ เนื้อ 100 ปอนด์ และถ้าเป็นเนื้อบดที่มี การเติมไนเตรตโดยตรงใช้ 2 - 3/4 ออนซ์ ต่อเนื้อบด 100 ปอนด์

ข. การใช้ไนไตรต์ ในน้ำหมักให้ใช้เพียง 2 ออนซ์ ต่อ น้ำหนัก 100 แกลลอน ที่ระดับที่มีการฉีดเข้าเนื้อประมาณร้อยละ 10

กรณีเนื้อหมักแบบแห้งใช้ไนไตรต์ 1 ออนซ์ ต่อ เนื้อ 100 ปอนด์ และถ้าเป็นเนื้อบด ใช้ไนไตรต์ ¼ ออนซ์ ต่อ เนื้อบด 100 ปอนด์

กรณีที่ใช้ไนเตรตและไนไตรต์ร่วมกัน ต้องมีไนไตรต์เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายได้ไม่เกิน 125 ส่วนต่อล้านส่วน

● พิษของไนเตรตและไนไตรต์

สารที่เป็นพิษโดยตรงต่อร่างกาย ก็คือ ไนไตรต์ แต่ไนเตรตก็มีโอกาสเปลี่ยนไปเป็นไนไตรต์ได้โดยขบวนการ Reduction ทั้งก่อนการบริโภคและหลังจากที่อาหารเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารแล้ว ซึ่งไนเตรตเมื่อถูกรีดิวซ์ (reduce) จะได้ไนไตรต์ โดยที่ไนเตรตในสภาวะแวดล้อมทั่ว ๆ ไป ในอาหารจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นไนไตรต์โดยจุลินทรีย์บางชนิด ดังสมการ

$$NO_3^- + NADPH_2 \xrightarrow[\text{in bacteria}]{\text{nitrate reductase}} NO_2^- + NADP^+ + H_2O$$

ถ้าบริโภคไนเตรตและไนไตรต์ในปริมาณสูง จะทำให้มีความเสี่ยงจากการเป็นพิษของไนไตรต์ เพราะ ไนไตรต์ทำให้เกิดอันตรายโดยตรงและโดยอ้อมต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ ผลโดยตรงคือ ไนไตรต์ทำให้เกิดอาการเมทฮีโมโกลบินิเมีย (methemoglobinemia) ซึ่งจะมีอาการพิษตั้งแต่ระดับเพียงเล็กน้อยคือ ตัวเขียวเนื่องจากขาดออกซิเจน (cyanosis) และทำให้ถึงตายได้ ซึ่งเด็กอายุต่ำกว่า 6 เดือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่ำกว่า 3 เดือน จะแสดงอาการพิษจากเมทฮีโมโกลบินิเมียรุนแรงกว่าเด็กโตและผู้ใหญ่ โดยที่อาการเมทฮีโมโกลบินิเมีย เกิดเนื่องจากไนไตรต์จะออกซิไดซ์ (oxidise) Fe^{2+} ในโมเลกุลของฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ไปเป็น Fe^{3+} กลายเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin) ทำให้ไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนได้ตามปกติ ซึ่งถ้ารุนแรง ผิวหนังของทารกจะมีสีเขียวคล้ำ หรือสีเขียวน้ำเงิน จึงเรียกอาการนี้ว่า บลูเบบี้ซินโดรม (blue baby syndrome) อันตรายโดยอ้อมของไนเตรตและไนไตรต์ คือ การที่ไนเตรตสามารถทำปฏิกิริยาไนโตรเซชัน (nitrosation) กับ 2° เอมีน (secondary amine) เอไมด์ (amide) กวานิดีน (guanidine) และยูเรีย (urea) ได้สารประกอบ เอน - ไนโตรโซ (N - nitroso compound) คือ ไนโตรซามีน (nitrosamines) และ ไนโตรซาไมด์ (nitrosamides) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งทั้งคู่

- **<u>สาเหตุของอาการ Methemoglobinemia</u>**

Methemoglobinemia เป็นอาการของผู้ป่วยที่ได้รับไนไตรต์ในปริมาณที่มากจนทำให้เกิดอันตราย และอาจเสียชีวิตได้ มีสาเหตุดังนี้

เมื่อไนไตรต์ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิตแล้ว ไนไตรต์จะออกซิไดซ์เหล็กในฮีโมโกลบิน ซึ่งเป็น ferrous form (Fe^{2+}) ให้กลายเป็น Ferric form (Fe^{3+}) ฮีโมโกลบินจึงกลายเป็นเมทฮีโมโกลบิน ซึ่งไม่ขนถ่ายออกซิเจนได้ต่อไปอีก ในร่างกายคนปกติจะมีเมทฮีโมโกลบินเพียงเล็กน้อย คือ ผู้ใหญ่มีราวร้อยละ 1 ทารกคลอดใหม่ ๆ มีประมาณร้อยละ 4 ส่วนเด็กอ่อนที่เป็นโรคเกี่ยวกับระบบหายใจ อาจมีร้อยละ 6 ของฮีโมโกลบินทั้งหมด ถ้าเมทฮีโมโกลบินในเลือดมีเพียงเล็กน้อย เอ็นไซม์บางชนิดที่มีอยู่ในเม็ดเลือดแดงสามารถแปรสภาพให้กลับกลายมาเป็นฮีโมโกลบินปกติได้อีก การเพิ่มของเมทฮีโมโกลบินสูงกว่าระดับปกติจะทำให้เกิดอาการ Methemoglobinemia ทั้งนี้หากเพิ่มในปริมาณร้อยละ 20 ของฮีโมโกลบิน จะมีอาการไม่สบาย เนื่องจากขอดออกซิเจน มีอาการตัวเขียว อ่อนเพลีย หายใจหอบถี่ ปวดศีรษะ หัวใจเต้นแรงและเร็วกว่าปกติ

- **<u>ผลต่อสุขภาพด้านอื่น ๆ</u>**

จากการค้นคว้าโภชนาการของสัตว์เลี้ยง ชี้ให้เห็นความผิดปกติของสัตว์ทดลองที่ได้รับไนเตรตหรือไนไตรต์จำนวนมาก ดังต่อไปนี้

1. สัตว์มีการขาดวิตามิน A เนื่องจากความเป็นพิษของไนเตรตที่มีต่อเอ็นไซม์ ที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของวิตามิน A นอกจากนี้ ไนไตรต์ยังทำลายแคโรทีน ขณะที่สารดังกล่าวอยู่ในระบบทางเดินอาหารอีกด้วย

2. สัตว์มีความต้องการไอโอดีนมากขึ้น แต่เดิมเคยมีความต้องการเพียง 35 ppb หากร่างกายได้รับไนเตรตมาก ๆ ความต้องการไอโอดีนของสัตว์จะเพิ่มเป็น 200 ppb

3. ไนไตรต์ยังอาจเป็นสาเหตุของความผิดปกติในร่างกายอีกหลายอย่าง เช่น หัวใจเต้นเร็วกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

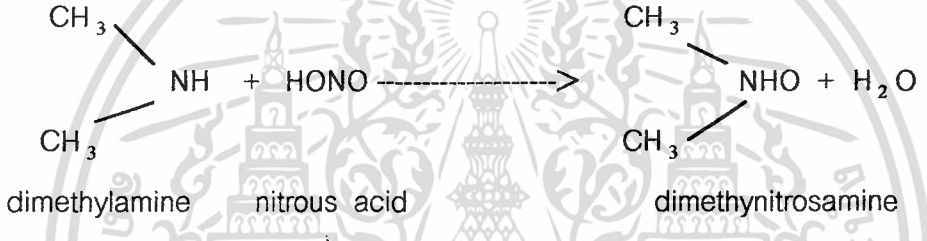
4. ไนไตรต์ทำปฏิกิริยากับ amine ในร่างกายได้ nitrosamine ซึ่งเชื่อกันว่า เป็นสารชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดมะเร็งในสิ่งมีชีวิต

- **<u>การเกิดสารไนโตรซามีน</u>** (nitrosamine)

นักวิทยาศาสตร์ เชื่อกันว่า ไนโตรซามีนเป็นสารเคมีที่ทำให้เกิดมะเร็งได้ และพบว่าการเกิดสารไนโตรซามีน อาจเกิดจากไนตรัสออกไซด์ ที่เกิดจากการแตกตัวของไนเตรตและไนไตรต์ ดังนั้นการใช้ไนเตรต และไนไตรต์เติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ อาจก่อให้เกิดสารที่ทำให้เกิดมะเร็งขึ้นได้ในผู้บริโภค

สาร Nitrosamine อาจเกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือ

ก. กรดไนตรัส ทำปฏิกิริยากับ secondary amine ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ ทำให้เกิดสาร nitrosamine ดังแสดงในปฏิกิริยา



dimethylamine nitrous acid dimethynitrosamine

ข. ปฏิกิริยาการเติมกลุ่มไนตริกออกไซด์กับโบรลินอิสระ (Free proline) ที่มีอยู่มากในหมูสามชั้น ทำให้เกิดสารไนโตรซามีน ดังแสดงในปฏิกิริยา

proline N - Nitrosoproline

แต่อย่างไรก็ตาม สถาบันเนื้อสัตว์ของอเมริกาโดย Nitrite Safety Council (1980) ได้ทำการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากเนื้อหมักตามโรงงานต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกา มาตรวจสอบพบว่า ถ้ามีการใช้สารไนไตรต์และไนเตรตในปริมาณที่ไม่มากกว่ามาตรฐานกำหนดแล้ว จะไม่พบสารไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แทบทุกชนิด ดังนั้นการที่มีผู้กล่าวถึงสารไนโตรซา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีนที่อาจเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารไนไตรต์และไนเตรต เพื่อช่วยในการผลิต จึงเป็นเพียงเพื่อเตือนให้ทราบถึงผลของการใช้สารเหล่านี้ในปริมาณที่มากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

ก. ตัวอย่าง

1. ไส้กรอกหมูยี่ห้อ หมู 2 ตัว จำนวน 100 กรัม
2. ไส้กรอกหมูยี่ห้อ CP. จำนวน 100 กรัม
3. ไส้กรอกหมูยี่ห้อ Mr. Sausage จำนวน 100 กรัม
4. ไส้กรอกหมูยี่ห้อ บางกอกแฮม จำนวน 100 กรัม
5. ไส้กรอกหมูยี่ห้อ บางกอกเยอรมัน จำนวน 100 กรัม
6. ไส้กรอกหมูที่ผลิตโดยภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ จำนวน 100 กรัม

ข. อุปกรณ์และเครื่องแก้ว

1. blender
2. retort stand
3. vortex mixer
4. hot air oven
5. hot plate
6. test tube
7. funnel
8. cylinder ขนาด 10, 100, 250 ml.
9. beaker ขนาด 10, 25, 250, 1000 ml.
10. volumetric flask ขนาด 10, 250, 500, 1000 ml.
11. amber bottle
12. pipet ขนาด 1, 2, 5, 10 ml.
13. stirring rod
14. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
15. กระดาษกรอง No. 42

ค. สารเคมี

1. Sodium hydroxide, A.R. GRADE, MERCK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Hydrochloric acid 1.2 N, 2.4 N
3. Conc. Sulfuric acid, A.R. GRADE, MERCK
4. Sodium nitrite, A.R. GRADE, MERCK
5. Sodium nitrate, A.R. GRADE, MERCK
6. Salicylic acid, A.R. GRADE, MERCK
7. Sulfanilamide, A.R. GRADE, Fluka
8. N - 1 - naphthyl ethylene diamine dihydrochloride, A.R. GRADE, MERCK
9. distilled water
10. potassium ferrocyanide trihydrate, A.R. GRADE, MERCK
11. zinc acetate dihydrate, A.R.GRADE, MERCK
12. disodium tetraborate decahydrate, A.R. GRADE, MERCK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

• วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design)

ทำการทดลอง 6 การทดลอง 4 ซ้ำ โดยภายในซ้ำของแต่ละตัวอย่างจะไม่มีความสำคัญทางลำดับในการนำไปวิเคราะห์

• วิธีการเตรียมสารทดสอบ (reagent) และสารละลายมาตรฐาน

1. NED reagent : ละลาย N - 1 - naphthyl ethylene diamine dihydrochloride 0.3 กรัม ใน 0.12 N HCl 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา

2. Sulfanilamide reagent : ละลาย sulfanilamide 0.5 กรัม ใน 2.4 N HCl 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา

3. Salicylic acid : ละลาย salicylic acid 5 กรัม ใน H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 95 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา (ใช้ได้ภายใน 7 วัน)

4. Sodium hydroxide 4 M : ละลาย NaOH 160 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร

5. สารละลายมาตรฐาน

5.1 สารละลายมาตรฐานไนเตรต ($NaNO_3$)

1. Stock solution : ละลาย $NaNO_3$ ที่ผ่านการอบแล้ว จำนวน 1.000 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution $NaNO_3$ เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร

2. Intermediate solution : pipette stock solution จำนวน 25 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 250 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 100 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร

3. Working solution : pipette intermediate solution จำนวน 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5 และ 8.5 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้น ปรับปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 5, 7, 9, 11, 13, 15 และ 17 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร

5.2 สารละลายมาตรฐานไนไตรต์ ($NaNO_2$)

1. Stock solution : ละลาย $NaNO_2$ ที่ผ่านการอบแล้วจำนวน 1.000 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution $NaNO_2$ เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Intermediate solution : pipette stock solution จำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 50 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร

3. Working solution : pipette intermediate solution จำนวน 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้น ปรับปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร

6. สารละลายที่ใช้ตกตะกอนโปรตีน

- ละลาย potassium ferrocyanide trihydrate ($K_4Fe(CN)_6 . 3H_2O$) จำนวน 106 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร

- ละลาย zinc acetate dihydrate ($Zn(CH_3COO).2H_2O$) จำนวน 220 กรัม ใน glacial acetic acid 30 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

- ละลาย disodium tetraborate decahydrate ($Na_2B_4O_7 .10H_2O$) จำนวน 50 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร

7. การสร้าง standard curve

7.1 Standard curve ของไนเตรต

1. pipette working standard solution $NaNO_3$ เข้มข้น 5, 7, 9, 11, 13, 15 และ 17 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร อย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น

2. เติม 5% salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

3. เติม 4 M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

4. นำไปวัดค่า absorbance แล้วสร้าง standard curve จากค่า absorbance และค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นโดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm

7.2 Standard curve ของไนไตรต์

1. pipette working standard solution $NaNO_2$ เข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร อย่างละ 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง หลอดละความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

3. เติม N - 1 - naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

4. นำไปวัดค่า absorbance แล้วสร้าง standard curve จากค่า absorbance และค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 nm

● การสกัดแยกไนเตรตและไนไตรต์จากตัวอย่างไส้กรอก

1. หั่นไส้กรอกให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วชั่งให้ได้ 10 ± 0.5 กรัม ใส่ในโถปั่น

2. ใส่น้ำในโถปั่นจำนวน 50 มิลลิลิตร แล้วปั่นไส้กรอกให้ละเอียด

3. เทไส้กรอกที่ปั่นละเอียดแล้วลงในบิกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 150 มิลลิลิตร นำไปตั้งบน water bath อุณหภูมิ 80 $^{\circ}$C คนแรง ๆ ด้วยแท่งแก้วนานประมาณ 5 นาที แล้วตั้งบน water bath ต่อนาน 2 ชั่วโมง พร้อมคนด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ

4. ยกออกจาก water bath ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นกรองผ่าน glass wool แล้วเติมน้ำในส่วนที่กรองได้จนครบ 200 มิลลิลิตร คนให้ทั่ว

5. ตกตะกอนโปรตีน โดยเติมสารละลาย disodium tetraborate decahydrate 5 มิลลิลิตร นำไปตั้งบน water bath อุณหภูมิ 80 $^{\circ}$C นาน 15 นาที และเขย่าเป็นระยะ ๆ ครบเวลาแล้วยกออกจาก water bath ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมสารละลาย potassium ferrocyanide trihydrate 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วเติมสารละลาย zinc acetate dihydrate 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันเติมน้ำให้ครบ 200 มิลลิลิตร

6. กรองด้วยกระดาษกรอง No. 42

● การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรต

1. pipette สารละลายที่สกัดได้จากไส้กรอก จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

2. เติม 5 % salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

3. เติม 4 M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

4. นำไปวัดค่า absorbance และหาปริมาณความเข้มข้นจาก standard curve โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรต์

1. pipette สารละลายที่สกัดได้จากไส้กรอก จำนวน 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

2. เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

3. เติม N - 1 - naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

4. นำไปวัดค่า absorbance และหาปริมาณความเข้มข้นจาก standard curve โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 nm

• การคำนวณปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ทั้งหมดในตัวอย่าง

$$N = \frac{xa}{mv}$$

N = ปริมาณไนเตรตหรือไนไตรต์ หน่วยเป็นไมโครกรัม / กรัม หรือ มิลลิกรัม / กิโลกรัม

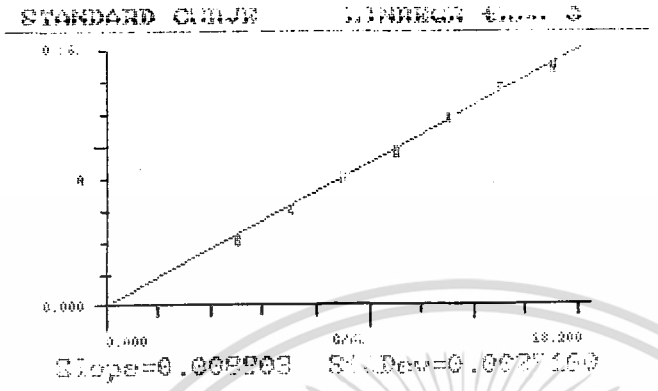
x = ปริมาณน้ำกลั่นทั้งหมดที่ใช้สกัด หน่วยเป็นมิลลิลิตร

a = ค่าความเข้มข้นของไนเตรตหรือไนไตรต์ที่ได้จากเครื่อง spectrophotometer หน่วยเป็นมิลลิกรัม หรือ ไมโครกรัม

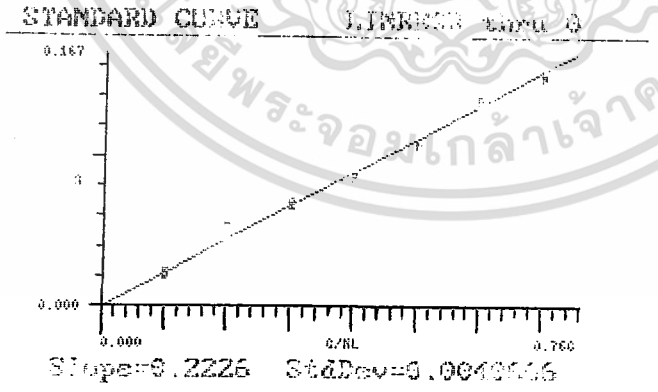
m = ปริมาณตัวอย่างที่นำมาสกัด หน่วยเป็นกรัม

v = ปริมาณของสารสกัดที่ใช้ในการพัฒนาสีเพื่อนำไปวัดค่า absorbance โดยเครื่อง spectrophotometer หน่วยเป็นมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 กราฟแสดงเส้นตรงของสารละลายมาตรฐานไนเตรต



รูปที่ 3 กราฟแสดงเส้นตรงของสารละลายมาตรฐานไนไตรต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากการศึกษาและตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ ในไส้กรอก 6 ยี่ห้อ คือ หมู 2 ตัว CP Mr. Sausage บางกอกแฮม บางกอกเยอรมัน และที่ผลิตโดยภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พบปริมาณไนเตรต 361.67, 571.33, 602.38, 381.34, 396.49 และ 850.29 มิลลิกรัม / กิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณไนไตรต์ คือ 7.43, 16.84, 28.64, 28.64, 25.24 และ 49.63 มิลลิกรัม / กิโลกรัม ตามลำดับ ไส้กรอกยี่ห้อบางกอกแฮมและ Mr. Sausage มีปริมาณไนไตรต์เท่ากัน และมีปริมาณไนไตรต์ต่างจากยี่ห้อ บางกอกเยอรมัน CP หมู 2 ตัว และที่ผลิตโดยภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้ปริมาณไนไตรต์ในไส้กรอกที่ผลิตโดยภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์จะสูงสุด และยี่ห้อหมู 2 ตัว มีปริมาณไนไตรต์ต่ำสุด ดังแสดงในตารางที่ 2 ส่วนปริมาณไนเตรต พบว่าปริมาณไนเตรตในยี่ห้อ CP. และ Mr. Sausage ต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับยี่ห้อบางกอกเยอรมัน บางกอกแฮม หมู 2 ตัว และที่ผลิตโดยภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ ปริมาณไนเตรตในไส้กรอกของยี่ห้อบางกอกเยอรมัน บางกอกแฮม และหมู 2 ตัว ต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3 ทั้งนี้ปริมาณไนเตรตในไส้กรอกที่ผลิตโดยภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์จะสูงสุด และปริมาณไนเตรตต่ำสุด คือของยี่ห้อ หมู 2 ตัว

วิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณไนเตรตที่วิเคราะห์ได้อาจมีมากกว่าที่มีอยู่จริง ทั้งนี้เพราะบางส่วนของไนไตรต์ในสารสกัดจากตัวอย่างถูกออกซิไดซ์โดย conc. Sulfuric acid ในสารทดสอบ Salicylic acid เป็นไนเตรต ทำให้เมื่อพัฒนาสี แล้วนำไปวัดค่า absorbance และคำนวณค่าความเข้มข้น จะได้ค่าของไนไตรต์ในส่วนที่ถูกออกซิไดซ์นั้นรวมอยู่ด้วย และสิ่งที่ควรระวังคือ เครื่องแก้วที่ใช้ต้องล้างด้วยน้ำกลั่นทุกครั้ง และอบให้แห้ง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสารอื่น และควรเก็บสารละลายที่สกัดได้ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อป้องกันเชื้อราและแบคทีเรีย รวมทั้งการพัฒนาสี ควรระมัดระวังการปิเปตต์สารให้ได้ปริมาณที่ถูกต้อง และการทิ้งเวลาเพื่อให้ปฏิกิริยาเคมีสมดุล ต้องใช้เวลาที่เท่ากัน และเป็นไปตามวิธีที่ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

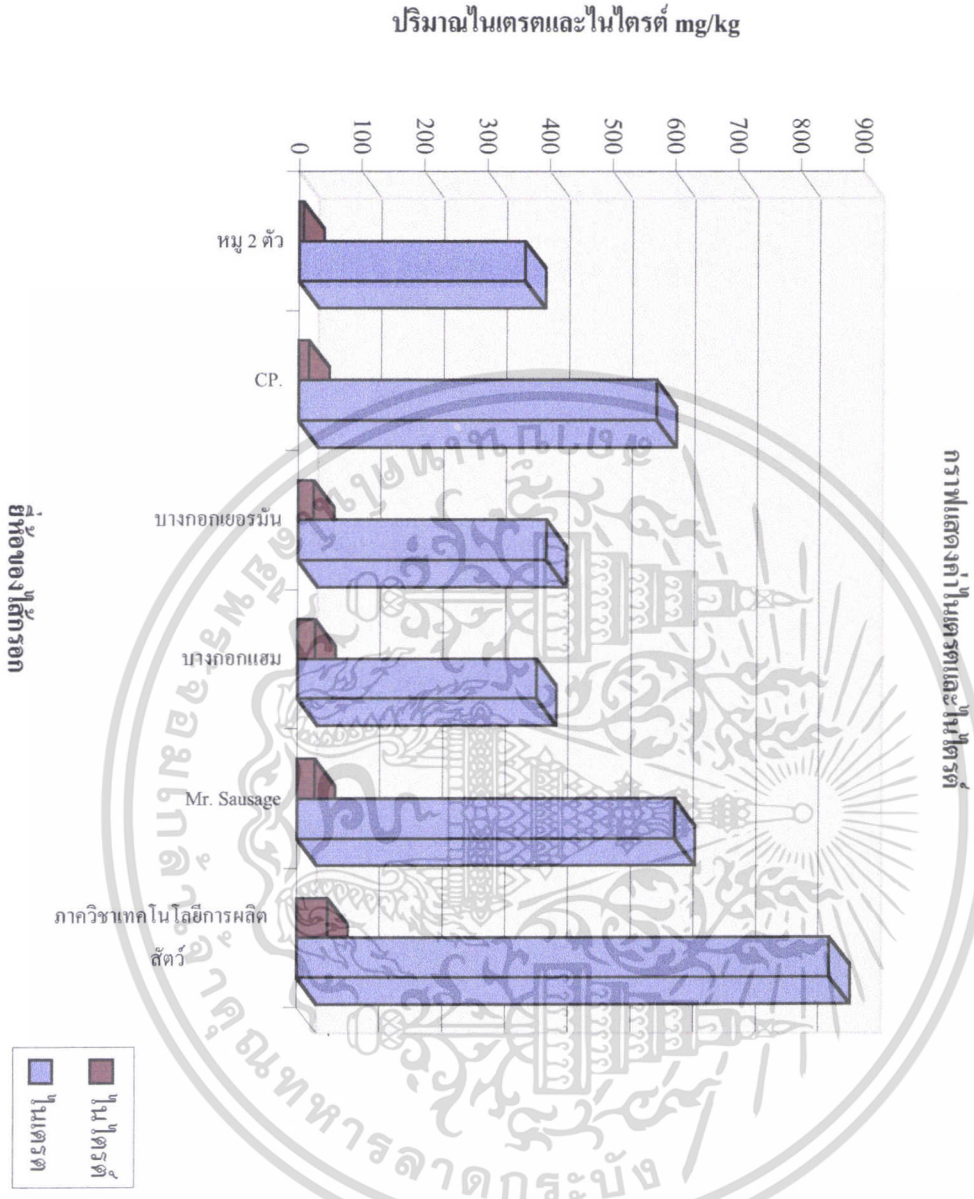
ตารางที่ 1. แสดงค่าไนเตรตและไนไตรต์ในไส้กรอก 6 ยี่ห้อ

ยี่ห้อไส้กรอก	ค่าเฉลี่ยปริมาณ มิลลิกรัม / กิโลกรัม*	
	ไนไตรต์	ไนเตรต
หมู 2 ตัว	7.43	361.67
CP.	16.84	571.33
บางกอกเยอรมัน	25.24	396.49
บางกอกแฮม	28.64	381.34
Mr. Sausage	28.64	602.38
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์	49.63	850.29

* = ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32918



รูปที่ 1 กราฟแสดงปริมาณไนเตรต และไนไตรต์ในไส้กรอก 6 ยี่ห้อ

ตารางที่ 2. แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติของไนไตรต์ในไส้กรอก 6 ยี่ห้อ

ยี่ห้อไส้กรอก	ค่าเฉลี่ยปริมาณ มิลลิกรัม / กิโลกรัม * ไนไตรต์
หมู 2 ตัว	7.43 e
CP.	16.84 d
บางกอกเยอรมัน	25.24 c
บางกอกแฮม	28.64 b
Mr. Sausage	28.64 b
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์	49.63 a

* = ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่าที่มิได้กำหนดด้วยตัวอักษรเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างที่ระดับ P≤ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตารางที่ 3.</u> แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติของไนเตรตในไส้กรอก 6 ยี่ห้อ

ยี่ห้อไส้กรอก	ค่าเฉลี่ยปริมาณ มิลลิกรัม / กิโลกรัม * ไนเตรต
หมู 2 ตัว	361.67 c
บางกอกแฮม	381.34 c
บางกอกเยอรมัน	396.49 c
CP.	571.33 b
Mr. Sausage	602.38 b
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์	850.29 a

* = ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่าที่มิได้กำหนดด้วยตัวอักษรเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างที่ระดับ P= 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาและตรวจวิเคราะห์ หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในไส้กรอกทั้ง 6 ยี่ห้อ จะพบว่าไส้กรอกที่ผลิตโดยภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ จะมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สูงสุด เมื่อเทียบกับไส้กรอกยี่ห้อ บางกอกเยอรมัน บางกอกแฮม CP. Mr. Sausage และหมู 2 ตัว ส่วนไส้กรอกที่มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ต่ำสุดคือ ไส้กรอกยี่ห้อ หมู 2 ตัว เมื่อเทียบกับไส้กรอกที่เหลืออีก 5 ยี่ห้อ

ข้อเสนอแนะ

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ทุกชนิด โดยเฉพาะเคียวมีต (cured meat) เช่น ไส้กรอก เบคอน แฮม เนื้อกระป๋อง กุนเชียง เนื้เค็ม ฯลฯ จะมีการเติมสารประกอบพวกเกลือไนเตรตและไนไตรต์ลงไปในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ซึ่งถ้าบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารไนเตรตและไนไตรต์สูง อาจมีอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งสูง ดังนั้น หลักในการพิจารณาเลือกซื้อไส้กรอกควรพิจารณาดังนี้ ควรเลือกไส้กรอกที่มีสีค่อนข้างอ่อนออกไปทางสีธรรมชาติ จะมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์น้อย ซึ่งจากการศึกษาทดลองครั้งนี้ พบว่า ไส้กรอกยี่ห้อ หมู 2 ตัว ซึ่งมีสีอ่อนจะพบว่ามีไนเตรตและไนไตรต์ ต่ำกว่า 5 ยี่ห้อที่นำมาทำการทดสอบ รองลงมาคือ CP. บางกอกเยอรมัน และบางกอกแฮม ตามลำดับ แต่การบริโภคไส้กรอกไม่ควรบริโภคบ่อยเกินไป หรือบริโภคในปริมาณสูง เพราะอาจเพิ่มอัตราเสี่ยงจากการเป็นอันตรายจากไนไตรต์โดยตรงคือมีอาการ methemoglobinemia หรืออาจเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งมากขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ลักขณา อมรสิน. คู่มือประกอบการปฏิบัติการวิชาพิษวิทยาสิ่งแวดล้อม. ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร. หน้า 18 - 23.

วิไลลักษณ์ ประทุมศรีสาคร และอติพร มณีเทศ. 2538. การศึกษาปริมาณของไนเตรตและไนไตรต์ในไส้กรอกหมูที่ผลิตขายในห้างสรรพสินค้าและที่ผลิตขายในตลาด. ปริญญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร. หน้า 3 - 12.

เวณิกา เบญจพงษ์. 2538. อันตรายจากสารกันบูด. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ปีที่ 25 ฉบับที่ 1: หน้า 8 - 14.

เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์. 2532. "ไส้กรอก" เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร. หน้า 97 - 109.

Deman, J. M. 1990. Principles of food chemistry. Avl. p. 434 - 438.

Romans, J. R., Clstello, W. J., Carlson, C. W., Greader, M. L. and Kevin, W.J. 1994. The meat we eat. Interstat Publismers. INC. p. 376 - 743.

Varuam, A. H. and Sutberland, J. P. 1995. Meat and meat product. Chapman & Hall, London. p. 25 - 26.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนเตรตจากไส้กรอก 6 ยี่ห้อ

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	5	710987.488	142197.498	87.688**	2.71	4.25
Ex. Error	18	29189.884	1621.660			
Total	23	740177.539	32181.632			

CV = 7.64

** = high significant of 0.01 level

ตารางที่ 2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนไตรต์จากไส้กรอก 6 ยี่ห้อ

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	5	4041.288	802.058	219.184**	2.77	4.25
Ex. Error	18	65.867	3.659			
Total	23	4076.155	177.224			

CV = 7.33

** = high significant of 0.01 level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้